Zmienność klimatu

i jéj przyczyny

NAPISAŁ

Dr. Franciszek Czerny.

(Rozprawa odczytana na posiedzeniu Wydziału matematyczno-przyrodniczego Akad. Umiejęt. w Krakowie, odbytém dnia 20 lipca 1877 r.).

KRAKÓW,
W DRUKARNI UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO
pod zarządem Ignacego Stelcla.
1877.

Odbitka z T. IV rozpraw Wydziału matem. przyrodn. Akad. Umiejętności w Krakowie.

I. Zmienność klimatu ziemskiego w czasach historycznych.

Niepospolity interes, jaki wiąże się z pytaniem, czyli klimat ziemski ulega zmianom, jest zbyt wymownym sam przez się. aby się nad nim bliżéj należało nam rozwodzić. Tém więcéj apeluje on téż przy badaniu tego pytania do świadectw ściśle umiejętnych, z których znowu najwymowniejszemi niezawodnie byłyby daty, zaczerpnięte ze spostrzeżeń w tych czasach historyi ziemi, w których człowiek wystąpił już jako baczny obserwator otaczającéj go przyrody i pilny spisywacz jéj dziejów. Tymczasem, wyznać należy, meteorologija. będąc sama stósunkowo nader młodą jeszcze umiejętnością, nie rozporządza po dziś dzień dość rozległym w téj mierze materyjałem, nie posiada spostrzeżeń i dat z dłuższego szeregu stuleci a tém samém z tém większemi ma do walczenia trudnościami tam, gdzie, jak w dzisiejszych właśnie badaniach nad klimatem ziemskim, coraz żywsza daje się czuć potrzeba dat o ile można z jak największéj ilości stacyj meteorologicznych a w tych znowu z jak najdłuższych peryjodów czasu.

W takim stanie rzeczy, nie dziwna, że fizycy i meteorologowie. oparci na obserwacyjach i zapiskach, zaledwie dopiéro z jednego pochodzących stulecia, skłaniali się aż po niemal ostatnie lata i skłaniają jeszcze poniekąd poczytywać klimat ziemski w czasach historycznych za stały i niezmienny. Amerykanin Draper wykazał n. p. że w ciągu lat 1817 do 1867 rzeka Hudson rok rocznie na 90 do 94 dni pokrywa się lodem, że zatem w tymże czasie ciepłota w Sta-

nach Zjednoczonych nie zwiększyła się ani zmalała Podobnie przekonano się tu i owdzie w Stanach Zjednoczonych jak niemniéj w Paryżu, że i roczna ilość opadów pozostaje mniéj więcéj tą samą. [1]) Także Szwajcar Dufour, rozbiérając dawne podania o produkcyi oliwy w Szwajcaryi, przyszedł do przekonania, że dzisiejszego braku drzew oliwnych w Szwajcaryi bynajmniéj nie należy tłómaczyć zmianą klimatu w tymże kraju, bo nigdzie w dawnych podaniach nie ma wyraźnéj wzmianki o drzewie oliwném tylko o oliwie, a ta mogła być pozyskiwaną i z orzechów; niemniéj, dodaje, dzisiejsze opóźnienie się czasu winobrania w kantonie Waadt nie jest tego rodzaju, by z niego dało się wnosić na zmianę klimatu. Z okoliczności, że w wiekach XVII i XVIII pojawiły się w Alpach lodniki tam, gdzie o nich wprzód nie wspominano, również dorywczym byłby wniosek, że klimat Alp się zmienił, skoro wiadomo znowu, że inne lodniki alpejskie systematycznie się cofają. Podobnie zjawisko, że granica lasów w Alpach uległa znacznemu już obniżeniu, bo wynoszącemu około 100 metrów, może być raczéj następstwem tępienia ich częścią przez samych mieszkańców częścią przez pasące się bydło. Zresztą i przedsięwzięte obliczenia średniéj temperatury rocznéj w niektórych miejscowościach Stanów Zjednoczonych, w Berlinie i w Bazylei nie wykazały namacalnych zmian ciepłoty. W tém większe zdziwienie wprawił téż meteorologów Glaisher, dyrektor meteorologicznego działu obserwatoryjum w Greenwich, dopatrzywszy się od r. 1770 do r. 186) w Greenwich

[1]) J. Hann „Bericht über die Fortschritte der geograph. Meteorologie“ w Behm'a „Geographisches Jahrbuch“ VI Bd., 1876, str. 10—11.

wzrostu średniéj temperatury rocznéj od 8·°7 C do 9·°4 C. Tymczasem jest rzeczą niewątpliwą, co zresztą i w Karlsruhe spostrzeżono, że temperatura powietrza wśród murów miasta jest cokolwiek wyższą aniżeli zewnątrz miasta, tak, że jedno i tożsamo obserwatoryjum, dawniéj leżące poza obrębem murów miasta. ujrzawszy się z czasem skutkiem rozszérzenia się miasta pośród jego murów, musi tém samém notować wyższą temperaturę powietrza.

Z tém wszystkiém, jak to łatwo uznać, wszystkie tego rodzaju poszukiwania i obliczenia zbyt małym stósunkowo rozporządzają jeszcze zasobem doświadczeń, ażeby mogły dojść do innych rezultatów, aniżeli te, do których właśnie doszły. Tém bardziéj maleje ich znaczenie, jeżeli zważy się, że cały szereg innych spostrzeżeń wyraźny im zadaje kłam. Wprawdzie i Arago, dostrzegłszy, że granice rozpostarcia się palmy daktylowéj i winorośli w Palestynie pozostały od 30 wieków do dziś dnia niezmiennemi, orzekł, że klimat Palestyny w szczególności, a klimat ziemi w ogóle nie mógł uledz zmianie w czasach historycznych. I w rzeczy saméj być łatwo może, że średnia ciepłota roczna Palestyny pozostała taką samą, jaką była za panowania królów żydowskich. Zkądinąd wszakże jest rzeczą równie pewną. że klimat Palestyny mimo tego zmienić się musiał, bo oto przed 3000 lub 4000 lat rozpościérały się tamże znaczne lasy zamieszkałe przez niedźwiedzie, i żyzne łąki i pastwiska, ożywione mnogiemi trzodami bydła, podczas gdy dziś tenże sam kraj, niegdyś „płynący mlékiem i miodem“, nie otrzymuje nawet dość opadów atmosferycznych, aby się na jałowym gruncie wytworzyć mogła choćby cienka tylko warstwa humusu. Nie w lepszych warunkach znajduje się dziś Egipt. Ruiny kwitnących tam niegdyś miast zagrzebane są obecnie wśród spiekłych

piasków, podczas gdy obszar uprawnego dawniéj gruntu zmniéjszył się niepoślednio na rzecz pustyni, stopniowo dolinę Nilu najeżdżającéj, tak, iż wielbłąd, nieznany jeszcze starym Egipcyjanom, stał się już niezbędnym w państwie dzisiejszych wicekrólów. Ale i w innych krajach nie brak śladów i świadectw zaszłych w czasach historycznych walnych modyfikacyj klimatycznych. Oto przedewszystkiém pewne rośliny już więcéj tamże nie dojrzéwają, choć o uprawie ich w tych krajach wyraźnie stare wspominają kroniki, jak n. p. o winorośli nad zatoką bristolską, we Flandryi, w Bretanii francuzkiéj, lub cofnęły się cokolwiek ku południowi, jak n. p. drzewo oliwne w okolicach miasta Carcassone miało się cofnąć od 100 lat o 15—16 kilometrów ku południowi, albo znowu pewne rośliny całkiem już zaginęły jak trzcina cukrowa w Prowansalii, czerwona jodła w Irlandyi, brzozowe lasy na Islandyi, na wyspach Szetlandzkich i w Laponii, w którym to ostatnim kraju stérczą jeszcze tu i owdzie odarte ich szkielety. Na wschodniém wybrzeżu Grenlandyi kwitnęła jeszcze na początku XV wieku (r. 1406) osada z 190 wsi złożona, które wszakże następnie wyludnić się musiały, odkąd lodniki całe opanowały wybrzeże. W r. 1822 oglądał jeszcze Scoresby opustoszałe ruiny tych dawnych mieszkań ludzkich. W Syberyi dostrzegł znowu Middendorf, że w dolinie Jeniseju większe drzewa coraz bardziéj cofają się ku południowi. Także w Węgrzech sprawdzono, że niektóre rośliny stepowe postępują wyraźnie ku zachodowi, coby świadczyło, że w tym samym kierunku postępuje klimat stepowy. Niemniéj i w środkowéj Europie, jak w Pradze, Ratysbonie, Hamburgu itd. nagromadziły się fakty, które kazałyby wnosić, że mrozy nastają obecnie

wcześniéj, bo w grudniu. podczas gdy styczeń jest cieplejszym niż przed 100 laty. [1])

Nielicznym zapewne należy nam nazwać szereg wymienionych co dopiéro przykładów i słabą bezwątpienia byłaby podstawa, jakąby sobie chciał ktokolwiek z nich zbudować celem odszukania pewnych trwałych prawideł zmienności klimatu. Mimo to. choćbyśmy nawet i tego rodzaju świadectwom wszelkiego odmówili znaczenia, ba nawet gdybyśmy byli wszelkich dat obserwacyjnych pozbawieni, czulibyśmy się przecież dostatecznie uprawnionymi. nietylko zmienność klimatu przyjąć w zasadzie. ale ją nawet wytłómaczyć, wykazując jéj przyczyny. Dość nam bowiem zapytać, czyli warunki klimatu ziemskiego pozostają niezmiennémi. a już tém samém znajdziemy odpowiedź, czyli i sam klimat t. j. ogół przeciętnych wartości rocznych dla wszystkich zjawisk meteorologicznych w pojedynczych okolicach ziemi jest wszędzie i zawsze jednaki. Dwojakie zaś rozróżniamy warunki klimatu; jedne kosmiczne. drugie czysto lokalne a więc telluryczne. Przypatrzmy się im przeto nieco bliżéj, a mianowicie najprzód kosmicznym.

A) Zmienność kosmicznych warunków klimatu.

Wiadomo, że praprzyczyną wszelkich zmian w stanie powietrza, a więc ciśnienia powietrza, wiatrów, opadów itd. jest nierówny rozdział ciepłoty na ziemi, skoro inaczéj, gdyby atmosfera ziemska wszędzie jednę posiadała temperaturę, musiałaby w niéj grobowa zapanować cisza i monotonność wszystkich zjawisk. Widoczna zatém z tego, że nie może być dla ziemi

---

[1]) Porównaj Studer „Lehrbuch der physikal. Geographie und Geologie“ (Bern, Chur und Leipzig 1847) II Th., str. 305—308; El. Reclus „La Terre“ (3 edit). II str. 493—497; Müller „Kosmische Physik“ str. 510—513 (4 Auflage).

rzeczą obojętną, jakie ona zajmuje stanowisko w przestworzu względem źródła swego ciepła t. j. względem słońca. Tymczasem uczy nas astronomija, że żaden z warunków kosmicznych, w jakich się ziemia znajduje względem słońca, nie jest stałym; owszem każdy z nich ulega ustawicznym, peryjodycznym zmianom. Przedewszystkiém droga, jaką ziemia w swoim rocznym obiegu około słońca odbywa w przestworzu, nie jest elipsą o jednéj i téj saméj zawsze odśrodkowości. Skutkiem bowiem wpływu reszty planet systemu słonecznego na ziemię, odśrodkowość ta raz rośnie drugi raz maleje, powracając mniéj więcéj co 50000 lat do swego maximum. Dziś właśnie się ona pomniéjsza t. j. eliptyczny kształt drogi ziemi coraz bardziéj zbliża się do formy koła, lubo najbliższe minimum przypadnie dopiéro po mniéj więcéj 18000 lat, rachując od czasów dzisiejszych. Podobnie nachylenie osi ziemskiéj do płaszczyzny jéj drogi, dziś wynoszące około 67°, zmiéjsza się i znowu się powiększa w dłuższych peryjodach czasu, lubo cała oscylacyja między maximum a minimum tego nachylenia zdaje się nie wynosić więcéj jak 6°. Obecnie nachylenie to właśnie się pomniéjsza i to o kąt 0·47″ rocznie czyli o kąt 47″ na jedno stulecie. Także wielka oś drogi ziemskiéj czyli t. zw. absyda ciągle zmienia swe położenie, mianowicie ustawiczny zdradza ruch w kierunku prawidłowym t. j. od Zachodu ku Wschodowi i to ubiegając rocznie o kąt 11·3″. Wreszcie i punkty równonocne czyli punkty wiosny i jesieni t. j. punkty przecięcia się równika świata z płaszczyzną ekliptyki nie są stałe, ale posuwają się w kierunku wstecznym t. j, od W. ku Zach. o kąt 50·2″ rocznie, tak, że w ciągu 25.800 lat obiegają całe koło. Tém się téż tłómaczy, że n. p. punkt wiosny, leżący jeszcze przed 2300 lat w konstelacyi Barana, dziś leży już w pobliżu konstelacyi Ryb. Ponieważ zaś, jak powiedzieliśmy, absyda posuwa się rocznie o kąt 11·3″ od Z ku W., punkty równonocne w tym samym czasie o kąt 50·2″

ale w kierunku wstecznym, więc wynika z tego, że jeden koniec absydy t. j. perihelium zbliża się — jak właśnie obecnie — o kąt 61·5″ do punktu wiosny, drugi zaś t. j. aphelium przybliża się o tyleż do punktu jesieni, tak, że peryjod całego obiegu absydy i pp. równonocnych razem wynosi 21000 lat.

Nie wchodząc w tłómaczenie tych arcyciekawych zjawisk kosmicznych, — boć nie jest to rzeczą niniejszéj rozprawy —, ale zastanawiając się tylko nad najcharakterystyczniejszą właśnie a wspólną im wszystkim właściwością, t. j. peryjodyczną ich zmiennością, bez trudu przychodzimy do wniosku, że jeżeli warunkują one w czémkolwiek klimat ziemski, to i peryjodyczne ich zmiany nie mogą się obejść bez wywołania peryjodycznych zmian w klimacie naszego globu. Nie doświadczenie oczywiście poucza nas o niemylności podobnego wniosku, skoro doświadczenie nasze nie rozciąga się jeszcze do tak olbrzymich okresów czasu; umacniają nas wszakże w naszém przekonaniu obliczenia teoretyczne, wykazując, że zwiększenie lub pomniéjszenie się nachylenia osi ziemskiéj do płaszczyzny ekliptyki nie mogą odbywać się bez choćby nader małego nawet wpływu na rozdział pór roku w pojedynczych strefach, zwłaszcza w umiarkowanéj i zimnéj, i na ich przeciętną ciepłotę roczną, że w ten sam sposób wpływać musi na powiększenie się lub pomniéjszenie średniéj ciepłoty rocznéj pojedynczych miejsc na ziemi raz mniéjsza, drugi raz większa odśrodkowość drogi ziemskiéj, że przedewszystkiém wszakże łącznie ze wzrostem téj odśrodkowości musi wywierać wpływ na rozdział klimatów na ziemi ten ważny wzgląd, że punkty równonocne swoje położenie

przynajmniéj W. v. Bezold wykazał, że lata najwięcéj obfitujące w burze przypadają w czasie minimum plam słonecznych, zkądby wynikało, że zjawiska burz i zórz polarnych równoważą się wzajem [1]).

Tak samo zdradza i reszta zjawisk meteorologicznych pewną zależność od większéj lub mniéjszéj ilości plam na słońcu. Oto wspomniany już J. A. Broun dostrzegł, że zmiany stanu barometru a więc zmiany ciśnienia powietrza mają swój peryjód i to zupełnie odpowiadający czasowi rotacyi słońca t. j. około 26 dni (dokładniéj 25·74) [2]). Podobnego związku między pojawianiem się plam słonecznych a zmianami temperatury powietrza dopatrzyli się Baxendell w Manchester, Piazzi Smyth, Stone, Prof. Köppen i Henryk Blanford. Mianowicie piérwszy na podstawie obserwacyj z lat 1859—66 przyszedł do wniosku, że siła insolacyi czyli ciepła słonecznego rośnie lub maleje zupełnie tak jak ilość plam słonecznych [3]). Do innego wypadku wprawdzie doprowadziły badania prof Köppena, wykazując, że temperatura powietrza właśnie rośnie w miarę jak ilość plam słonecznych się pomniéjsza („Zeitschrift d. österr. G. f. Meteorologie“ Bd. VIII, Nr. 16 i 17). Wszelako H. Blanford na podstawie własnych spostrzeżeń w Indyjach wschodnich dopatrzył się w tych odmiennych rezultatach poszukiwań Baxendella i Köppena pozornéj tylko sprzeczności, dowodząc, że temperatura i wilgoć powietrza mają na ziemi i to przedewszystkiém w strefie mię-

[1]) J. Hann w Behma „Geogr. Jahrbuch“ 1876, str. 9.

[2]) Balfour Stewart „Opening Address“ w Nature“ Vol. XII, str. 348.

[3]) B. Stewart w „Nature“ Vol. XVI, str. 45.

dzyzwrotnikowéj wręcz przeciwny sobie przebieg. Większe promieniowanie ciepła ze słońca musi bowiem sprowadzać większe parowanie wody w oceanie a tém samém zwiększać wilgotność powietrza t. j. wywołać większe zachmurzenie i częstsze opady, te ostatnie zaś przeszkadzają wprost ograniu się w wyższym stopniu warstw powietrza, u powiérzchni ziemi rozpostartych, podczas gdy nadto i parowanie większéj ilości opadłéj wody tém bardziéj musi wpływać na obniżenie się temperatury powietrza [1]).

I w rzeczy saméj badania Karola Meldruma i Lockyera wykryły, że w czasie największéj ilości plam słonecznych ilość opadłéj wody jest wszędzie większą niżeli w czasie minimum plam słonecznych. Nadwyżka ta wynosi n. p. w Anglii 1·94 cala, na kontynencie Europy 3·64, w Stanach Zjednoczonych 5·17, w Indyjach wschodnich 8·98, w Australii 6·23 cala, a zatém w przecięciu 5·19 cali. Z pośród 9 lat, w których przypadało maximum plam słonecznych, 7 lat wykazało w Angli nadwyżkę w ilości dészczu w porównaniu do ilości opadów podczas 7 lat minimum plam słonecznych; na lądzie europejskim z pośród 7 lat maximum plam słonecznych, 6 lat było obfitszych w opady atmosferyczne, aniżeli 6 lat minimum plam słon.; w Ameryce z pośród 6 lat maximum plam słon. wykazało 5 lat nadwyżkę; w Indyjach przedgangesowych z pośród 6 lat — 4; w Australii z pośród 3 lat — 2. W przecięciu więc 7 lat maximum plam słonecznych cieszyło się większą ilością opadów w porówna-

[1]) P. „Nature" Vol. XII, str. 147—148, 188—189 i „Zeitschrift d. ö. G. f. Meteor." Bd. X. str. 261 do 264.

Czas ten zaś zgadzałby się właśnie z 11-letnim peryjodem plam słonecznych" [1]). Jak daleko nam wszakże jeszcze do wykrycia istotnéj przyczyny plam słonecznych i ich jedenastoletniéj peryjodyczności, dowodzi okoliczność, że inny znowu obóz astronomów i astrofizyków jak Warren de la Rue, Balfour Stewart, Loewy etc. peryjodyczność tę tłómaczą wpływem planet na słońce, mianowicie czynią plamy słoneczne zależnemi od stanowiska Jowisza, Wenery i Merkurego względem słońca i względem siebie samych, orzekając, że ilość plam słonecznych większą jest, gdy Wenus lub Merkury zejdą się z Jowiszem, lub gdy Merkury najwięcéj zbliży się do słońca [2]).

Jakakolwiek wszakże jest przyczyna téj peryjodyczności plam słonecznych, pozostaje przecież rzeczą pewną, że peryjodyczność tego zjawiska nie jest znowu bez wpływu na peryjodyczność całego szerego zjawisk w atmosferze ziemskiéj. Mianowicie wykazał piérwszy Edward Sabine przed 20 mniéj więcéj laty, że między zjawiskami magnetyzmu ziemskiego i pojawieniem się większéj lub mniéjszéj ilości plam słonecznych zachodzi nie dający się zaprzeczyć związek, że w szczególności większe zboczenia igły magnetycznéj deklinacyjnéj odpowiadają maximum plam słonecznych. Po nim przekonał się niebawem J. Allan Broun i to z obserwacyj, dokonanych w ciągu lat 1844—-57, że w oscylacyjach

---

[1]) „Sur la théorie de la periodicité undecennale des taches du Soleil" Note de M. Ch. Lamey w „Comptes rendus de l'Acad. d. Sciences" 1876, Vol. 82, Nr. 22.

[2]) B. Stewart „Suspected relations between the sun and the earth" w „Nature" Vol. XVI (1877) str. 26—28.

igły deklinacyjnéj zachodzi znowu peryjod mniéjszy, 26 dni wynoszący, a całkiem odpowiadający czasowi wirowego obrotu słońca (wedle Spörera obrót wirowy słońca odbywa się w 26·3 dniach) [1]). Tożsamo, niezależnie od J. A. Brouna, wykrył dyrektor obserwatoryjum pragskiego, Dr. Hornstein [2]). Podobnie stwierdził Schiaparelli (w Medyjolanie), że największa dzienna oscylacyja igły magnetycznéj deklinacyjnéj miała miejsce właśnie w czasie maximum plam słonecznych, jako to w latach 1837, 1848, 1859, 1870 [3]). Prof. Fritz w Zurychu wykazał znowu zupełną zgodność co do czasu między maximum plam słonecznych a maximum zórz polarnych; bo jakkolwiek ostatnie względem piérwszych cokolwiek się opóźniają, opóźnienie to wynosi tylko 0·73 roku, podczas gdy minima zórz polarnych wydarzają się o 0·3 roku wcześniéj niżeli minima plam słonecznych. Nadto wyraźnym jest wedle niego peryjod 55·5 lat w pojawianiu się zórz polarnych t. j. przeciąg czasu, odpowiadający w zupełności 5 peryjodom plam słonecznych i inny dłuższy jeszcze peryjod 222 lat, równający się 20 okresom plam słon. Także wedle katalogu zórz polarnych prof. Loveringa przypadają zupełnie prawie współcześnie maxima plam słonecznych i maxima zórz polarnych [4]). Rzecz charakterystyczna, że zkądinąd znowu maximum zórz polarnych odpowiada minimum burz elektrycznych;

---

[1]) P. „Nature“ Vol. XIII, str. 328 i Vol. XVI, str. 9—11.
[2]) P. Secchi „Le Soleil“ I, str. 152—153.
[3]) P, „Zeitschrift d. österr. Gesell. f. Meteorologie“ Bd. X., str. 366—367.
[4]) Tamże, str. 317—318.

w przestworzu zmieniają. przez co raz się mogą zejść z perihelium i aphelium, drugi raz znowu oddalić się od nich o 90°. Ostatnia to okoliczność zwłaszcza nie może być obojętną na rozdział ciepłoty na każdéj z obu półkul ziemi, południowéj i północnéj. Jeżeli bowiem obecnie zimna połowa roku naszéj półkuli przypada podczas perihelium t. j. w czasie, kiedy ziemia szybciéj obiega około słońca i mniéjszą odbywa połowę swéj rocznéj drogi, ciepła zaś połowa roku naszéj półkuli przypada podczas aphelium t. j. w czasie, kiedy ziemia wolniéj biegnie i większą połowę swéj drogi około słońca odbywa, tak, że skutkiem tego nasza wiosna i lato trwają razem dni 186 i 12 godzin, nasza jesień zaś i zima tylko 178 dni i 18 godzin, to po mniéj więcéj 105 0 latach t. j. kiedy punkt wiosny zajmie położenie dzisiejszego punktu jesieni, warunki klimatyczne naszej półkuli zmienią się tak dalece, że właśnie ciepła połowa roku będzie trwać tylko 178 dni i 18 godzin, zimna zaś 186 dni i 12 godzin, w których to warunkach znajduje się właśnie obecnie półkula południowa. Zapewne i tych różnic nie nazwiemy wielkiemi, bo téż i ilość ciepła, jaką ziemia otrzymuje dziś od słońca podczas perihelium, ma się do ilości ciepła, jaką otrzymuje podczas aphelium, jedynie jak 1·034 : 0·967; z tém wszystkiem i te różnice są bezwątpienia zdolne sprowadzić pewne dotkliwe modyfikacyje termicznych warunków pojedynczych okolic ziemi, jeżeli tylko inne warunki klimatyczne, zwłaszcza telluryczne, o których będzie mowa niżéj, nie są tego rodzaju, iżby mogły wpływ tych różnic ubezwładnić.

Ale nietylko od wymienionych co dopiéro okoliczności zawisł klimat ziemi i jego peryjodyczna zmienność. Że klimat się zmienia i to peryjodycznie wykazał niemniéj najniezawodniéj wykryty w najnowszych czasach związek między wszystkiemi niemal meteorologicznemi zjawiskami na ziemi z jednéj, a zjawiskami w atmosferze słonecznéj z drugiéj strony, w szczególności plamami słonecznemi, w których pojawieniu się dopatrzono się, jak wiadomo, pewnéj stałéj peryjodyczności wynoszącéj około 11 lat (wedle Wolfa $11 \frac{1}{9}$ lat, według p. John Allan Broun zaś $10 \cdot_{45}$ lat [1]).

Jeżelibyśmy mieli wierzyć p. Ch. Lamey, to peryjód jedenastoletni w pojawianiu się plam słonecznych byłby tylko następstwem panujących w atmosferze słonecznéj prądów, od równika słonecznego ku biegunom zwróconych, zkąd takowe dostają się w głąb ciała słonecznego, aby ztamtąd znów się wydobyć u równika słonecznego na jego powierzchnię. „Ta cyrkulacyja we wnętrzu słońca, powiada Lamey, podejrzywana zresztą już oddawna przez wielu znamienitych członków Akademii, dostarcza nader prostego komentarza do wytłómaczenia peryjodyczności plam słonecznych. Przyjmując bowiem jako średnią wartość dziennego ruchu plam słonecznych ku biegunom 3·004″ i przyjmując, że jest to właśnie także średnia chyżość prądu w głębi masy słonecznéj, to prosty wykazuje rachunek, że prąd o podobnéj chyżości potrzebowałby 11·19 lat do przebieżenia drogi, równającéj się

$$\frac{2\pi R}{4} + 2R.$$

[1]) Czyt. „The Nature“ Vol. XVI (1877), str. 62—64.

niu z 7 latami minimum plam słon. W szczególności ilość opadów w 4 latach maximum plam słonecznych, jakoto 1829·5, 1837·2, 1848·6, 1860·2, wykazała przeciętną nadwyżkę 9·5 cali deszczu w porównaniu do ilości opadu w 4 latach minimum plam słonecznych [1]). Nie mniéj ciekawe a zgodne z dopiéro co wspomnionemi osiągnął wypadki ze swych tegorocznych (1877) badań Dr. W. W. Hunter („The cycle of drought and famine in southern India" Calcutta 1877), przekonawszy się, że w południowéj części Indyj przedgangesowych przypadają lata posuchy i głodu właśnie w czasie minimum plam słonecznych [2]).

Im bardziéj mnożą się poszukiwania, tém widoczniéj występuje ten tajemniczy związek między ilością opadów atmosferycznych a plamami słonecznemi. Zrazu t. j. w r. 1872 badano w téj mierze ilość opadów tylko w trzech stacyjach meteorologicznych. Norman Lockyer pomnożył następnie ilość tych stacyj o dwie, zestawiając spostrzeżenia w Madras i Captown. Dziś ilość stacyj, jakie dostarczyły w téj mierze dat, urosła do 144, podczas gdy meteorologowie usiłowali zebrać także materyjał obserwacyjny z coraz to większéj ilości peryjodów plam słonecznych, tak, że obecnie rozporządzają już siedmioma peryjodami plam słonecznych dla opadów. Są, prawda, stacyje, gdzie obserwowana ilość opadów nie zgadza się z powyższém prawem, ale są one nielicznemi tylko wyjątkami i w nich téż rozstrzygającemi są raczéj warunki lokalne, jako to sąsiedztwo

---

[1]) „Zeitschrift d. österr. G. f. M.“ Bd. XI, str. 296 do 299 i Behm'a „Geogr. Jahrb. 1876, p. 8.

[2]) „The geographical Magazine“ 1877, Vol. IV, str. 111—113; i w Nature“ Vol. XVI, p. 14.

gór lub morza, brak lasów itp. W ogóle zaś zdaje się, że nadwyżka ilości opadów podczas maximum plam słonecznych jest największą w strefie zwrotnikowéj i że maleje z rosnącą szérokością geograficzną [1].

Naturalnie, że i stan wód w rzékach, jako bezpośrednio zawisły od ilości opadów atmosferycznych, wykazał ten sam peryjod a więc i tę samą zależność od peryjodycznych wzburzeń atmosfery słonecznéj. Zauważano mianowicie, że stan wody w Renie, Sekwanie, Dunaju, Elbie, Odrze itd. podczas maximum plam słonecznych podnosi się w przecięciu o 16·2 cali nad średni stan w latach minimum plam słon. Z pośród 13 lat maximum plam słon. 10 lat wykazało właśnie tę nadwyżkę, w czém wyraźny widzimy dowód, że rzéki podnoszą się lub opadają łącznie ze wzrostem lub pomniéjszaniem się ilości plam słonecznych [2]. Nic dziwnego, że i jeziora niektóre, jak to wykazał G. M. Dawson w Kanadzie na jeziorach Superior, Michigan, Erie, Ontario, podnoszą skutkiem obfitszych opadów swoje zwierciadło wody w latach maximum plam słonecznych [3].

Rzecz charakterystyczna, że takiż sam związek zachodzi między ilością plam słonecznych a ilością orkanów na ziemi. Wykazali to mianowicie Karol Meldrum, dyrektor obserwatoryjum na wyspie Mauritius i A. Poey, zebrawszy w tym celu daty tyczące się orkanów w Indyjach zachodnich. Wprawdzie maximum orkanów i maximum plam słonecznych podobnie

[1]) „Zeitschrift d. österr. G. f. Meteorlg." Bd. XI. (1876), str. 296—299.

[2]) Tamże.

[3]) „Zeitschrift d. ö. G. f. M." Bd. IX (1874), str. 172.

jak minimum pierwszych i minimum ostatnich nie przypadają całkiem jednocześnie, różnica jednak w czasie jest nader małą, bo maximum orkanów nastaje o 1·4 roku późniéj niż maximum plam słonecznych, minimum zaś orkanów o 0·5 roku wcześniéj aniżeli minimum plam słonecznych [1]. Dodajmy nareszcie, że jak to prof. Fritz w Zurichu wykazał, istnieje oraz związek między ilością plam słonecznych a ilością gradobić, skoro lata maximum gradobić, jako to: 1817, 1830, 1838, 1848, 1860 są omal latami maximum plam słonecznych t. j.: 1817, 1829, 1837, 1849, 1860. Także rok 1871, jako rok maximum plam słonecznych, odznaczał się większą ilością gradobić. Najrzadszemi były zaś gradobicia w latach minimum plam słonecznych t. j. w r. 1810, 1823, 1834, 1844, 1856 [2]. Dr. Moffat dopatrzył się nawet peryjodycznego zwiększania się i pomniéjszania się ilości ozonu w powietrzu i to odpowiadających także wprost maximum i minimum plam słon. [3].

Zastanawiając się nad tą tak wyraźną zgodnością co do czasu tylu zjawisk meteorologicznych na ziemi

---

[1]) Tamże. str. 84 i nast. oraz „Nature" Vol. XII (1875), str. 16.

[2]) „Zeitschrift d. ö. G. f. M." Bd. XI, str. 352,

[3]) P. „Nature" Vol. XII, str. 374. Gdyby chodziło o wyczerpanie wszystkich zjawisk na ziemi, zdradzających tę samą peryjodyczność co plamy słoneczne, to wypadałoby jeszcze wspomnieć, że, jak to Dr Arthur Schuster wykazał, lata najobfitszego winobrania w Niemczech były mniéj więcéj latami minimum plam słonecznych, mianowicie: lata minimum plam słon. były: 1810, 1823, 1833·8, 1844, 1856, 1867, — lata zaś najobfitszego winobrania: 1811, 1822, 1834, 1846, 1857, 1868, p. „Nature" Vol. XVI (1877), str. 45.

ze zjawiskami w atmosferze słonecznéj, nie podobna przypuścić, aby dwie całkiem niezależne działały przyczyny, któreby wywoływały na słońcu i na ziemi w tych samych czasach i z tą samą peryjodycznością zjawiska nie zostające zresztą w żadnym ze sobą związku. Owszem daleko bliższym jest wniosek, że ziemia, w tylu innych względach tak niewolniczo zawisła od słońca, i w meteorologicznych swych zjawiskach zależną być musi od meteorologicznych zjawisk na słońcu. Tém mniéj możemy o tém wątpić po rezultatach, do jakich doszli astronomowie amerykańscy pp. L. Trouvelot i S. P. Langley. Piérwszy [1]) dostrzegł mianowicie, że tak zwana granulacyja słońca powstaje w skutek pokrycia przez chromosferę plam słonecznych, które, jak wiadomo, są lejkowatemi. do kraterów podobnemi zagłębieniami w fotosferze, i że chromosfera, stósunkowo nader cienką tworząca warstwę, zmienia ustawicznie swą grubość, tak że raz grubość jéj przedstawia nam się pod kątem 15″, innym razem zaś pod kątem 10″. Zmniéjszanie się jéj grubości ma zaś pochodzić według p. Trouvelota ztąd, że w czasie wytworzenia się większéj ilości plam słonecznych gazy chromosferyniby olbrzymie kaskady spływają gwałtownie zrządzonemi w fotosferze wyłomami w głąb ciała słonecznego. Langley, podnosząc tę samą okoliczność i obliczając, że chromosfera słoneczna wstrzymuje w przecięciu połowę ciepła słonecznego, wykazał téż, że powiększanie się grubości chromosfery nie może obyć się bez wpływu na stopień ciepłoty powietrza ziem-

[1]) „On the veiled Solar-Spots“ w „The American Journal of Sciences and Arts“ Marzec 1876, str. 169 do 176.

skiego, skoro naówczas i absorbcyja promieniejącego ze słońca ciepła przez chromosferę znacznie się wzmaga, tak, że n. p. wzrost absorbcyi o 25% sprowadzićby musiał obniżenie się temperatury powietrza ziemskiego o 100° F. [1]. Jeżeli zaś tak jest rzeczywiście t. j. jeżeli podczas maximum plam słonecznych chromosfera stósunkowo jest najcieńszą, podczas minimum zaś najgrubszą, to w téj ważnéj okoliczności posiadalibyśmy właśnie tyle pożądany klucz do wytłómaczenia sobie zarazem peryjodycznych zmian, jakim ulega ciepłota powietrza ziemskiego i ilość opadów atmosferycznych.

Jakże atoli wytłómaczyć zagadkowy związek między plamami słonecznemi a resztą wymienionych poprzednio zjawisk meteorologicznych, w szczególności zaś pomiędzy oscylacyjami igły magnetycznéj deklinacyjnéj, zorzami polarnemi i orkanami? O ile mi wiadomo, próbował dopiéro piérwszy prof. Balfour Stewart [2]) łączność i zależność tych zjawisk od plam słonecznych rozjaśnić. Powiada on mniéj więcéj co następuje: Wiemy, że wiatry polarne i równikowe są prostém następstwem nierównego rozpodziału ciepła na ziemi; wiemy także, że strefa ciszy i passatów a tém samém granice równikowe antypassatów ulegają w ciągu roku pewnym zboczeniom i to zupełnie zależnie od stanowiska słońca, tak, że skutkiem tego wiatry polarne i równikowe wykazują w swoim przebiegu roczny peryjód. Podobnie łatwo zrozumieć, że muszą one mieć i dzienny swój peryjód; wiadomo bowiem przynajmniéj, że passaty

---

[1]) P. „Naturforscher“ 1876, Nr. 11, str. 97—99.

[2]) „Opening Address“ w „Nature“ Vol. VII (1875), str. 348—349.

w nocy tracą na swéj chyżości i sile, co znowu nie może być bez wpływu na pomniéjszenie się chyżości i siły antypassatu. Wiemy nareszcie, że ziemia jest magnesem, że rozrzedzone powietrze jest nader dobrym przewodnikiem elektryczności i że elektryczne prądy nie są obojętnémi na zjawiska magnetyzmu ziemskiego. Owóż antypassaty, jako unoszące z sobą powietrze ciepłe i wilgotne, przeto rozrzedzone, należy nam poczytać za dobre przewodniki elektryczności. Skoro zaś antypassaty posiadają swój peryjód dzienny, więc téż i ich wpływ na magnetyzm ziemski musi wykazywać pewną dzienną peryjodyczność. Tak samo, aby dodać na tém miejscu zapatrywanie się J. R. Mayera, [1]) zmiany w położeniu meteorologicznego równika w ciągu roku iść muszą w parze z jednoczesnemi zmianami, jakich doznają bieguny magnetyczne ziemi i deklinacyja igły magnetycznéj. Ale obok regularnie wiejących, wspomnionych co dopiéro wiatrów, wydarzają się, jak wiadomo, od czasu do czasu gwałtowne wzburzenia atmosfery ziemskiéj, znane pod nazwą cyklonów lub orkanów. Są one zjawiskiem nieperyjodyczném, choć powiększanie się lub pomniéjszanie ich ilości niewolniczo znowu zawisły od maximum lub minimum plam słonecznych. Jeżeli przeto w czasie maximum plam słonecznych wzburzenia magnetyzmu ziemskiego są najsilniejsze, to nie należałoby, zdaje się, przypisywać takowych bezpośredniemu wpływowi plam słonecznych, ile raczéj największym właśnie podówczas wzburzeniom atmosfery ziemskiéj, które wszakże, jak to peryjodyczny

---

[1]) „Mechanik d. Wärme“ (Stuttgart, 1874), str. 313 do 315.

wzrost ich ilości dowodzi, prawdopodobnie wprost są zawisłemi od peryjodycznych wzburzeń atmosfery słonecznéj.

W ten sposób, jak jedenastoletnia oscylacyja temperatury powietrza i ilości opadów atmosferycznych byłaby skutkiem równie długiego peryjodu nabrzmiewania i opadania chromosfery słonecznéj, tak znowu miałaby większa co 11 lat powtarzająca się energija wichrów w naszéj atmosferze swą przyczynę w plamach słonecznych, wpływając znowu sama na również 11-letni peryjód zjawisk magnetyzmu ziemskiego.

Niezawodnie nie można teoryi p. Balfour Stewarta zaprzeczyć mnogich nawet pozorów prawdopodobieństwa i siły przekonywającéj. A jednak, jak się zdaje, samo słońce, pojęte jako podobny magnes jak ziemia, wpływa przez indukcyję bezpośrednio nawet na magnetyzm ziemski. W dziennéj oscylacyi igły deklinacyjnéj dają się bowiem odszukać już w ciągu jednego roku wyraźne zboczenia téjże igły, zupełnie zależne od deklinacyi słońca. Mianowicie, jeżeli deklinacyja słońca jest północną, igła deklinacyjna odchyla się więcéj ku Zachodowi, jeżeli zaś jest południową, więcéj ku Wschodowi. Okoliczność ta dowodziłaby znowu, że nawet zmiana we wzajemném nachyleniu osi magnetycznych ziemi i słońca w ciągu roku wywołuje różne stopnie indukcyjnego działania ze strony magnetyzmu słonecznego na ziemię; mianowicie w lecie północnéj półkuli silniéjszém zdaje się być indukcyjne działanie północnego bieguna magnetycznego słońca na ziemię, w zimie natomiast silniéjszém indukcyjne działanie południowego bieguna magnetycznego słońca. Tak przynajmniéj tłómaczy prof. Langberg w Christijanii

tyle charakterystyczne różnice w dziennéj oscylacyi igły deklinacyjnéj w ciągu roku [1]).

Trudniéj jeszcze niż ten wpływ słońca na meteorologiczne zjawiska naszego globu, daje się zbadać prawo, jakiemu podlega wpływ księżyca na klimat ziemski. Jest to na dzisiaj z tak wielkiemi jeszcze połączone trudnościami, że, jak to trafnie wypowiada Mohn, [2]) „przepowiednie stanu powietrza, opiérające się na fazach księżyca i jego zmienném względem ziemi stanowisku, nie mogą znaleźć miejsca w praktycznéj meteorologii, bo gdyby sumiennie zechciano zliczyć wypadki, w których tego rodzaju przepowiednie omyliły a w których się sprawdziły, przekonanoby się łatwo, że piérwsze są prawidłem a drugie właśnie wyjątkami“. A jednak nie podobna znowu zaprzeczyć, że n. p. siła przyciągająca księżyca łącznie z taką samą siłą słońca wywołuje podobne peryjodyczne nabrzmiewanie i opadanie atmosfery ziemskiéj jak wzbiéranie i opadanie wody w oceanie, a więc tém samém i peryjodyczne zmiany w ciśnieniu powietrza. Wprawdzie i teoryja i spostrzeżenia wykazały, że różnice stanu barometru, wpływem tym księżyca zrządzone, są nader małe — według Laplaca n. p. nie wynoszą one nawet u równika 1^{mm}; z tém wszystkiém i E. Sabine r. 1847 w Londynie i C. M. Elliot w roku 1852 w Singapore zdołali je skonstatować, podczas gdy znacznie już wcześniej bo przed 50 blizko laty francuzi Flaugergues i Bouvard i niemcy Schübler

---

[1]) „Zeitschrift d. österr. G. f. Meteorologie“ 1877. str. 17—28.

[2]) „Grundzüge der Meteorologie“ (Berlin, 1875), str. 292.

i Eisenlohr dostrzegli, że stósunkowo najniższy stan barometru przypada w czasie drugiego oktantu, najwyższy na ostatnią kwadrę (przyczém różnica między piérwszym a drugim stanem wynosiła w Paryżu 1·778^{mm}, w Viviers 1·44^{mm}, w Karlsruhe 2·61^{mm}) i znowu niższy w perigaeum aniżeli w apogaeum, w najnowszych zaś czasach (r. 1868) K. Zenger na podstawie 238000 spostrzeżeń, dokonanych w Pradze od r. 1840 do 1866, przyszedł do wniosku, że maximum ciśnienia powietrza w naszych szérokościach przypada w czasie największego pochylenia drogi księżyca i że peryjód zmian dotyczących wynosi 9¼ lat, tj. połowę peryjodu, jakiego węzły potrzebują na obieżenie całego koła [1]. Podobnie nie są fazy księżyca bez wpływu na temperaturę powietrza ziemskiego. Wykazali to najprzód Mädler i Park Harisson, po nich Zenger i Balfour Stevart, przekonawszy się, zwłaszcza dwaj ostatni, że maximum dziennéj temperatury przypada około nowiu, minimum zaś około pełni, że wszakże w zimie znacznie wybitniéj — wedle Zengera 6 razy silniéj — wpływ ten faz księżyca występuje aniżeli w lecie [2]. Także Buys Ballot, opiérając się na obserwacyjach ze 114 lat w Holandyi, wykazał, że temperatura powietrza w czasie największéj deklinacyi północnéj księżyca jest o 0·11° R. wyższą nad normalną i znowu w tymże

[1]) Studer „Lehrb. d. physik. Geogr. und Geologie“ I str. 38; Pillar „Beitrag zur Frage über die Ursache der Eiszeiten“ (Agram, 1876), str. 36—37.

[2]) Pillar, tamże; B. Stewart w „Nature“ Vol. XVI, str. 47, przyczém dodaje, że téż same fazy księżyca w zimie wywołują podobne zmiany w oscylacyjach igły magnetycznéj deklinacyjnéj.

czasie wyższą o $0\cdot_{09}{}^{0}$ R. podczas pełni aniżeli w czasie nowiu [1]). Schübler i Eisenlohr, badając wpływ księżyca na stan barometru, dostrzegli jednocześnie, że i wiatry i ilość opadów liczyć się muszą z fazami księżyca, skoro się przekonali, że w południowych Niemczech wiatry: północny i wschodni najczęściéj panują w czasie między ostatnią kwadrą a nowiem, najrzadziéj zaś pojawiają się w czasie pełni, podczas gdy wiatry południowy i zachodni przeważają w czasie między piérwszą kwadrą a pełnią. To téż i maximum zachmurzenia nieba przypada w czasie pełni, minimum około ostatniéj kwadry, również ilość dni dżdżystych i ilość opadów większą jest około I kwadry aniżeli w czasie ostatniéj kwadry. W Augsburgu np. ilość dni dżdżystych około I kwadry ma się do ilości dni dżdżystych około ostatniéj kwadry jak 97 : 76, ilości zaś opadów w tychże samych czasach jak 301 : 221 [2]).

Jeżeli się nie mylimy, to daty powyższe wyczerpywałyby mniéj więcéj wszystko, co, jak na dzisiaj, można powiedzieć o zależności klimatu ziemskiego od warunków kosmicznych i o peryjodycznéj jego zmienności, idącéj właśnie ręka w rękę z podobną peryjodycznością zmian samychże warunków kosmicznych.

B) Zmienność tellurycznych warunków klimatu.

Jeżeli klimat ziemski w ogóle, jak to w powyższym widzieliśmy zarysie, ulega peryjodycznym zmianom w skutek przyczyn kosmicznych bez względu

[1]) Müller „Kosmische Physik“, str. 639

[2]) Müller, tamże; Studer I, str. 39—40.

na warunki lokalne pojedynczych okolic, to podlega on także bez względu znowu na warunki kosmiczne zmianom innego rodzaju bo nieperyjodycznym z przyczyny właśnie, że jego warunki telluryczne ani na chwilę nie pozostają niezmienne. Do najważniejszych zaś tellurycznych warunków klimatu zaliczamy obok położenia geograficznego: wysokość gór. które bądź ochraniają kraj przyległy od zimnych wiatrów, bądź znowu zagradzają drogę wiatrom wilgotnym i w ten sposób pozbawiają kraj znacznéj ilości opadów, jakieby wiatry te sprowadzały, gdyby gór nie było; daléj większe lub mniéjsze wzniesienie pojedynczych krajów ponad poziom morza, albo téż ich zniżenie po pod poziom morza, jako okoliczności, które znowu nader znaczny wywiérają wpływ przedewszystkiém na średnią temperaturę roczną danych miejscowości; następnie sąsiedztwo pewnych miejsc z większemi rzékami, jeziorami, moczarami, morzami lub lasami, bez których tężsame miejscowości głównie znowu albo mniéjszą posiadałyby ilość opadów atmosferycznych, albo mniéj regularnie w ciągu roku rozpodzieloną; wreszcie rozmieszczenie lądu stałego i wody na ziemi, które to, jak wiadomo, nietylko zdolne jest wpłynąć na zboczenie wiatrów od ich prawidłowego kierunku (przykładem monsuny), ale nadto, jak to gdzieindziéj już miałem sposobność wykazać [1]), stanowczo nawet zmodyfikować ich piérwotny charakter.

Owóż żaden z tych tellurycznych warunków klimatu nie może się zwać stałym, niezmiennym;

---

[1]) Czerny „Die Wirkungen der Winde auf die Gestaltung der Erde“ (Ergänzungsheft Nr. 48 do „Mittheilungen“ Petermanna) str. 6 i 7.

wszystkie owszem są przemijającémi. Nie jest bowiem już więcéj w geologii rzeczą tajną, że w dłuższych okresach czasu rzéki zmieniają swój bieg i ujście, podczas gdy jeziora i moczary w jednéj okolicy ziemi stopniowo wysychają a tworzą się natomiast gdzieindziéj nowe, że góry w jedném miejscu ustawicznie się obniżają, tracąc materyjał, z którego są zbudowane, pod erozyjném działaniem opadającéj i płynącéj wody, w inném znowu miejscu podnoszą się całe ich łańcuchy dzięki siłom wulkanicznym, które nadto sprawiają, że w pewnych miejscach całe obszary powiérzchni ziemi się dźwigają lub nowe areały lądu suchego wyłaniają się z morza, gdzieindziéj zaś powiérzchnia ziemi wiekowemu podlega osiadaniu się, opadaniu. W nie mniéjszym stopniu zmieniają się powiérzchnia i kontury kontynentów skutkiem mechanicznego działania fal morskich, tam obrywających i wyżłabiających brzegi, ówdzie budujących z powstałych ztąd gruzów nowe pobrzeża .... co wszystko, wpływając wprost na kierunek wiatrów, przebieg prądów morskich, to znowu na rozpodział ciepła, wilgoci i opadów, sprawia zarazem, że takowe ustawicznéj choć nader powolnéj ulegają zmianie, tém trudniéjszéj wszakże do sprawdzenia i obliczenia, że brak nam w téj mierze po dziś dzień jeszcze i miar niemylnych i znowu dat z dłuższego peryjodu czasu, dających się zestawić i ze sobą porównać.

A jednak prócz tego jakże dzielnie wpływa sam człowiek na klimat, na jego zmiany! Budując miasta przyczynia on się tém samém do podwyższenia temperatury powietrza w obrębie ich murów o 1° lub 2° C, w porównaniu do temperatury powietrza pobliskich a otwartych miejscowości. Nawodniając całe okolice,

inne zaś osączając (drenując) i osuszając, modyfikuje więcéj lub mniéj wybitnie rozpodział opadów i ilość ich w ciągu roku w danych miejscowościach, lub znowu ulepsza klimat miejscowy pod względem hygijenicznym. Dość mi w téj mierze powołać się na stuletnie już doświadczenia w Lombardyi, gdzie nawodnienie zwiększyło ilość opadów, lub na plantacyje Rozdrębu kulistego (Eucalypti globuli) w Algierze, osuszenie bagnisk w Toskanii i zalesienie błot solońskich (na południe od Orleanu), gdzie skutkiem tego powietrze znacznie oczyszczono z zabójczych wyziewów (miasma) i stan zdrowia mieszkańców w wysokim już polepszono stopniu [1]. A przecież te tu i owdzie zrządzone przez człowieka zmiany klimatu maleńkiemi są jeszcze wobec przeobrażeń, jakie człowiek bądź już wywołał bądź wywołuje jeszcze w stósunkach klimatycznych pojedynczych krajów, tępiąc niebacznie całe obszary lasów.

Lasy odgrywają zaś bezsprzecznie jednę z najważniejszych, lubo jeszcze nie dosyć uwzględnioną rolę klimatyczną. Powietrze w lesie posiada bowiem niższą cokolwiek temperaturę aniżeli powietrze pól otwartych, posiada mniéjsze oscylacyje ciepłoty w ciągu dnia i roku. Wielkie więc lasy zachowują się podobnie jak morze lub większe jeziora t. j łagodzą różnice temperatury i czynią w téj mierze klimat umiarkowańszym. Nadto w lesie względna wilgoć powietrza jest większą niźli zewnątrz lasu, tak, że skutkiem tego i parowanie wody wśród zalesionych okolic, jest znacznie mniejszém aniżeli na bezleśnych niwach. Jako obdarzone większą wilgocią powietrza i niższą stó-

---

[1]) P. Reclus „La Terre“ II, str. 731 i nast.

sunkowo temperaturą jego, cieszą się téż lasy częstszémi opadami atmosferycznemi aniżeli okolice bezleśne, skoro łatwiéj skraplają parę wodną w powietrzu. przez nie przepływającém. Wreszcie w lesie wolniéj i głębiéj przecieka do ziemi opadła woda, a więc regularniéj zasyca podziemne zbiorowiska wody a w następstwie strumyki i rzéki, aniżeli w otwartych miejscowościach, gdzie szybsze parowanie opadłéj wody i łatwiéjszy jéj ściek po gołéj powiérzchni ziemi nie dozwala właśnie wodzie dostać się głębiéj do ziemi i zasilać zaskórnych jéj zbiorowisk.

Nie będzie. sądzę, rzeczą zbyteczną, z uwagi na ważność przedmiotu, rozszérzyć skréślone co dopiéro pokrótce klimatyczne znaczenie lasów wypadkami spostrzeżeń, zebranych w świéżo (r. 1868) założonych stacyjach leśniczo-meteorologicznych w Bawaryi, i poprzéć je choćby tylko kilku charakterystyczniejszémi przykładami.

Oto co się tyczy najprzód temperatury ziemi, pokazało się, że, skoro powiérzchnia ziemi w lesie nie jest wprost ogrzéwaną przez promienie słońca i z tego powodu znacznie mniéj otrzymuje ciepła niż otwarte miejsce, średnia temperatura roczna ziemi w lesie jest we wszystkich głębokościach (aż do 4 stóp) niższą niźli w tych samych głębokościach na miejscu otwartém. Różnica temperatury ziemi w obu tych różnych miejscowościach wynosi około $1\frac{1}{2}°$ R., tak, że kładąc temperaturę ziemi otwartéj okolicy równą 10°, temperatura ziemi w lesie okazuje się niższą o 21% czyli o $\frac{1}{5}$. W szczególności spostrzeżenia wykazały, że zmiany ciepłoty ziemi w ciągu dnia, miesiąca i roku są mniéjsze w lesie aniżeli na

otwartém polu i że znowu łagodzący ten wpływ lasów na oscylacyje temperatury ziemi jest w porze letniéj większym niż w zimie, a więc także, przypuścić snadnie można, w gorących krajach większym niźli w zimnych Widoczna z tego, że wytrzebienie lasów pociągnąć musi za sobą znaczny przyrost ciepłoty ziemi, ten zaś dałby się szczególnie czuć w lecie, w któréj to porze temperatura ziemi w lesie jest o 3·22° R. niższą niźli w otwartém polu [1]).

Słabszym już cokolwiek wobec tego jest wpływ lasów na temperaturę powietrza, lubo zbyt wyraźnym i wielkim, aby nie pozwolił się dostrzedz i nie zwrócił na siebie pilniejszéj niźli dotychczas uwagi tak przyrodników z zawodu jak przyjaciół gospodarstwa narodowego w ogóle. Średnia temperatura roczna powietrza w lesie jest cokolwiek niższą niźli na otwartém polu, mianowicie o $^3/_4$° R. czyli o 10%, a to już dlatego, że ziemia, od któréj głównie powietrze się ogrzéwa, nie ogrzéwa się znowu w lesie w tym stopniu od słońca jak na otwartém miejscu. Znacznie wybitniéj występuje wpływ lasów, jeźli się baczy na średnią temperaturę powietrza w lesie i w niezalesionych okolicach w różnych porach roku i w różnych porach dnia. Bo oto w jesieni powietrze lasu we dnie posiada o 0·45° R. niższą temperaturę niźli powietrze okolic bezleśnych. W zimie różnica w temperaturze dziennéj powietrza obu tych miejscowości bardziéj jeszcze maleje. W czasie wiosennym natomiast dzienna ciepłota po-

[1]) Ebermayer „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden und seine klimatologische und hygienische Bedeutung“ (Aschaffenburg, 1873) str. 29—79.

wietrza w lesie obniża się o 1·02° R. i to znowu znaczniéj w szpilkowych niźli w liściastych lasach; w lecie zaś obniża się dzienna ciepłota powietrza w lesie najznaczniéj bo o 1·68° R. Przeciwnie ma się rzecz z ciepłotą powietrza w pojedynczych porach roku w nocy, albowiem zimową porą w nocy powietrze lasów okazało się o 0·94° R. cieplejszém od powietrza na wolném polu; na wiosnę o 0·42° R., w lecie o 1·52° R., w jesieni nawet o 1·91° R. cieplejszém. Są to zaś okoliczności tém ważniéjsze dla krajów, obdarzonych większémi lasami, że w południe i w lecie, kiedy różnica między temperaturą powietrza lasu a otwartego pola jest największą, powstają stósunkowo najsilniéjsze wiatry, wymieniając między sobą dwie różne temperatury t. j. we dnie wiatr dolny z lasu ku otwartym niwom, od tych zaś górny wiatr ku lasom, w nocy, kiedy powietrze lasu jest cieplejszém, wiatr dolny ku lasom i wiatr górny z lasów ku niwom. Bacząc téż na wymienione co dopiéro okoliczności, jak niemniéj na ten ważny wzgląd, że wśród lasów w ciepłéj połowie roku (od maja do października) dzienne oscylacyje temperatury są blizko o 4° R. w zimnéj zaś połowie roku o 1·33° R mniéjsze niźli na bezleśném polu, łatwo pojąć, że wytrzebienie lasów nie tylko podniosłoby mniéj więcéj o ¾° R średnią temperaturę roczną powietrza w tychże samych okolicach, ale i, co główniéjsza, sprowadziłoby większe zmiany w temperaturze dziennéj i rocznéj powietrza, czyli, co na jedno wychodzi, sprowadzićby musiało ostrzejszy klimat [1]. Nic dziwnego przeto, że człowiek,

[1]) Tamże, str. 83—118.

tępiąc lasy, burzy têm samém sieć linii insotermicznych, isoterów i isochimenów, i nadaje im wcale odmienne od poprzednich kierunki, że, jak to daje się już czuć w pewnych okolicach Stanów Zjednoczonych, oscylacyje temperatury dziennéj i rocznéj, nieznane wprzód przybrały obecnie rozmiary. a nadto w nastawaniu pór roku coraz wyraźniejsze daje się spostrzegać opaźnianie się; że tak samo w wielu okolicach Szwecyi, gdzie w najnowszych czasach lasy wycięto, wiosna — wedle świadectwa Absjönsena — rozpoczyna się o 2 tygodnie późniéj niż w poprzedniém stulecin [1]), lub że n. p klimat Madrytu, jeszcze podobno za Karola V nader łagodny i z tego powodu głośno chwalony, dziś w pośrodku ogołoconéj z lasów Hiszpanii stał się z przyczyny gwałtownych skoków temperatury niemal zabijającym [2]). Nie jest rzeczą nieprawdopodobną, że i pewue gwałtowne wiatry, jako to bora i mistral w Europie, jakkolwiek mające swą przyczynę w ogólnym systemie wiatrów a mianowicie będące zjawiskiem ściśle spojoném z orkanami, nawiedzającemi Europę, przybrały przecież swój dzisiejszy tyle niebezpieczny charakter od czasu, kiedy dolina Rodanu i przyległe jéj okolice z jednéj, płaskowzgórze Karst z drugiéj strony swe lesiste postradały szaty; skutkiem tego bowiem okolice te ujrzały się narażonemi na szybsze i silniéjsze rozgrzéwanie się w lecie a oziembianie w zimie, zaczém różnica między temperaturą powietrza nad niemi rozpostartego a temperaturą powietrza rozpostartego nad sąsiedniemi morzami znacznie się

[1]) P. Reclus „La Terre“ II, str. 732.
[2]) Reclus „Nouvelle géographie universelle“ I, 690.

wzmogła. W ten sam sposób, przypuścićby można, w miarę ogałacania się całych obszarów z lasów, inne, mianowicie wirowe wiatry (tornados) zyskały w czasach historycznych na sile i rozpostarciu, skoro faktem jest, że wiatry tego rodzaju najgroźniéj szaleją na wielkich, bezleśnych płaszczyznach, łatwo rozgrzéwających się w lecie do zbyt wysokiéj temperatury [1]).

Nie mniéj wyraźnym jest wpływ lasów na stopień wilgoci powietrza, na proces parowania wody, ilość opadów atmosferycznych i wilgoć ziemi [2]). Przekonano się bowiem, że podczas gdy ilość pary w powietrzu w lesie i na otwartém polu pod lasem jest zupełnie prawie jednaką, względna wilgotność powietrza w lesie jest w ciągu roku od 3% do 9% większą niżli względna wilgotność powietrza miejsc niezalesionych, która to okoliczność po prostu tém się tłómaczy, że ciepłota powietrza w lesie jest cokolwiek niższą, t. j. bliższą punktu rosienia. Najwybitniéj występuje ten wpływ lasu na stopień względnéj wilgotności powietrza znowu w lecie, albowiem w téj porze powietrze lasu okazało się być o 9½ % blisko wilgotniejsze niżli na otwartém polu.

Ręka w rękę z niższą temperaturą i wyższym stopniem względnéj wilgotności powietrza idzie słabsze parowanie wody w lesie. Mianowicie parowanie to jest, jak się pokazało, 2·7 razy czyli o 64% mniejszém aniżeli na otwartém polu. Tém samém większéj

[1]) Dr Th. Reye „Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erdatmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnen-Atmosphäre" (Hannover, 1872), str. 16—20.

[2]) Ebermayer, str. 143 i nast.

wilgotności powietrza w lesie odpowiada jednocześnie większa wilgoć ziemi w lesie. Z przyczyny nareszcie, że w zimie temperatura powietrza w lesie najmniéj się różni od ciepłoty powietrza okolic niezalesionych, w lecie natomiast ciepłota powietrza wewnątrz lasu znacznie jest niższą niźli na otwartych niwach, skutkiem czego w tymże czasie względna jego wilgotność jest o znaczny procent wyższa, dzieje się, że ta znaczna nadwyżka względnéj wilgotności powietrza w lesie porą letnią nie może znowu nie wywrzéć walnego wpływu na pomnożenie ilości opadów w lesie i to przedewszystkiém w ciepłéj porze roku. Wybitniéj zapewne manifestuje się ten wpływ lasów na ilość opadów w górach niźli w nizinach, skoro lasy w górach już dzięki swemu większemu wzniesieniu się ponad poziom morza mogą większą niż w nizinach cieszyć się wilgotnością swego powietrza i to tak dobrze w innych porach roku jak przedewszystkiém w lecie, podczas gdy wśród nizin względna wilgotność ich powietrza tylko w lecie jest tego rodzaju, że może wpłynąć na pomnożenie ilości opadów. Ztąd, powiada Ebermeyer, prof. w Aschaffenburgu, że las w górach posiada większą doniosłość niźli wśród nizin, ale téż tak samo, z przyczyn łatwo dających się odgadnąć, większą wśród kontynentów niźli u ich wybrzeży i większą w gorących krajach niźli w zimnych. Dodatkowo należy się na tém miejscu osobna wzmianka o rezultatach, jakie otrzymał z swych trzechletnich obserwacyj we wsi Ermenonville (depart. Oise) p. L. Fautrat, które wykazały właśnie, że nad lasami nietylko więcéj pada dészczu aniżeli nad bezleśnemi niwami, w pobliżu tychże lasów się znajdującemi, ale że znowu w szczególności lasy szpil-

kowe, mianowicie sosnowe, łatwiéj jeszcze parę wodną w powietrzu zawartą skraplają aniżeli lasy liściaste [1]). Bezpośredniém następstwem téj tyle ważnéj roli lasów w rozpodziale ilości opadów atmosferycznych na ziemi nie jest téż co innego, jak że i opadła woda, nie narażona na zbytnie parowanie wśród zalesionych okolic, w większych ilościach i głębiéj wsiąka w ziemię aniżeli wśród ogołoconych z lesistéj osłony okolic. Wprawdzie z powodu przeszkód, jakie opadającéj z powietrzni wodzie stawiają liście i gałęzie drzew, ziemia w lesie otrzymuje stosunkowo o 26% mniéj wody niżli otwarte pole, słabsze wszakże parowanie wody w lesie sprawia znowu, że natomiast o 24% więcéj wody wsiąka w ziemię wśród lasów aniżeli na otwartych niwach.

Nie trudno po tém, co się powiedziało, odczytując drugą stronę medalu, postawić horoskop na przyszłość krajom, które, ciesząc się dziś większemi obszarami lasów, miałyby je kiedyś postradać. Oto obok większych i naglejszych zmian ciepłoty powietrza w ciągu dnia i roku, wytępianie lasów sprowadzić musi jednocześnie znaczne pomniejszenie się względnéj wilgotności powietrza, większe i szybsze parowanie wody, pomniejszenie się zwłaszcza w lecie ilości opadów atmosferycznych a w dalszym ciągu brak zaskórnéj wody, ubóstwo źródeł, większe i gwałtowniejsze wylewy rzék w czasie dżdżystym a zbyt niski znowu ich wodostan w czasie dłuższéj posuchy.

---

[1]) p. „Comptes rendus" T. 83, str. 514. — Dodajmy jeszcze, że, jak to spostrzeżenia p. Fautrat wykazały, także ilość ozonu w lesie jest mniejsza niż na otwartém polu, i to znowu szczególnie mała w lasach sosnowych (czyt. „Nature" Vol. XV, str. 188).

Podobna wróżba jest tém niemylniejszą, że znajduje ona już dzisiaj poparcie w całym szeregu niezbitych faktów. Nie czém innėm jeno wytępieniem lasów tłómaczy się, że n. p. rzéka Tajo, niegdyś spławna począwszy już od Toledo, dziś przestała nią być w tym stopniu [1]); że wyspa Madeira t. j. wyspa drzewna po stracie swych lasów w wielkim pożarze na początku XV. wieku, już około roku 1450 wykazywała wyraźny ubytek dészczu [2]), że podobnie wyspa św. Heleny przedstawiała do niedawna z powodu niezmiernéj posuchy wielce stan opłakany, skoro sprowadzone tamże około roku 1502 wieprze i kozy, rozrodziwszy się w mnogie trzody, wszystkie młode drzewa zniszczyły i w ten sposób na całe niemal 3 stulecia pozbawiły wyspę lesistéj szaty [3]). Jeżeli natomiast dzisiaj na téjże saméj wyspie już dwa razy więcéj pada dészczu niżeli w czasie, kiedy na niéj jeszcze Napoleon I. przebywał, to jest to właśnie tylko następstwem ponownego choć powolnego jeszcze pokrywania się wyspy lasem. Podobnie stały się dészcze częstszemi na wyspie Ascension, odkąd Anglicy zwolna pokrywają ją lasem, częstszemi u źródeł strumyka Kedron (w okolicy Jerozolimy), odkąd tamże zasadzono gaj morwowy, tak, że i sam ten strumyk cieszy się dziś większym zasobem wody [4]). Tak

---

[1]) Reclus „Nouvelle geographie universelle“ I, str. 683—684.

[2]) Peschel „Neue Probleme d. vergl. Erdkunde“ (Leipzig 1870), str. 163.

[3]) Charles Darwin „Reise eines Naturforschers um die Welt“ (aus d. englischen übersetzt v. J. Victor Carus) Stuttgart 1875, str. 564.

[4]) J. J. Murphy w „Nature“ Vol. XV, str. 6 i 7.

samo n. p. w dolnym Egipcie. Podczas gdy w czasie wyprawy Bonapartego od listopada 1795 do sierpnia 1799 roku tylko raz jeden dészcz padał i to przez pół godziny, dziś ilość dni dżdżystych w roku i ilość opadów pomnożyła się tamże, odkąd mianowicie Mehmed Ali założył wielkie plantacyje bawełny. Przeciwnie n. p. w dystrykcie le Bocage (depart. Charente Inferieure), gdzie skutkiem wytrzebienia lasów daje się obecnie. mianowicie począwszy od roku 1818, często uczuwać brak dészczu i wody w studniach [1]; lub w Algeryi, słynnéj z swéj urodzajności w czasach rzymskich, gdzie dziś po wytępieniu lasów zrazu przez Arabów a w najnowszych czasach przez Francuzów łyse stoki gór nie są już w stanie w tym stopniu, jak dawniéj, skraplać pary wodnéj, przybywającéj z wiatrami od strony morza śródziemnego. Podobnie w kraju Coorg (w Indyach przedgangesowych) zmniejszył się spad dészczu znacznie, odkąd t. j. od 15 lat przeszło 20000 akrów ziemi, pokrytéj wprzód lasem, obrócono na plantacyje kawy [2]. O ileż więcéj muszą być odmiennemi dzisiejsze warunki klimatyczne Francyi, Niemiec lub Polski w porównaniu do czasów, kiedy cała niemal Galia i Germania [3], kiedy całe podgórze podkarpackie [4], niziny mało- i wielkopolskie i „całe pojezierze pruskie i pomorskie i wszystkie krawędzie powyża, obrzeżającego niziny rzeczne, szumiały odwiecznym

---

[1] Müller „Kosmische Physik“ str. 715—717.

[2] p. Behm „Geogr. Jahrbuch“ Bd. IV (1872), str. 30.

[3] Reclus „La Terre“ II, str. 503 i nast.

[4] Szczęsny Morawski „Puszcze i knieje podgórskie w wiekach średnich“ (Kraków 1866).

gdzieniegdzie tylko przerywanym lasem“ [1]). To pewna, że „bagna z osłaniającym słońce całunem wilgotnéj mgły, lasy z długoleżącym śniegiem i gęstym powszędy cieniem“ *nie* „zaostrzały“, jak błędnie sądził Szajnocha [2]), ale właśnie łagodziły o wiele klimat, i że pory roku zimowe, jakkolwiek były „dłuższe niż dzisiaj“ *nie* „srożyły się tęgiemi mrozy“, że natomiast wytępienie tych prastarych w Europie borów, że zatém usunięcie naturalnego, jakim są lasy, regulatora temperatury, wilgotności powietrza i ilości ściekających strumykami i rzékami wód, sprowadziło za sobą i odmienny od dawnego rozdział ciepłoty i inny rozdział opadów w ciągu roku i mniéj jednostajny stan wód w rzékach, jak to właśnie Berghaus, Gustaw Wex, Merian, Marié Davy, G. v. Helmersen, Wild [3]) i inni na większéj części główniejszych rzék europejskich wykazali. W niektórych rzékach jak n. p. w Wołdze dostrzeżono nadto, że skutkiem wytrzebienia lasów w okolicach jéj górnego i średniego biegu wylewy wiosenne wcześniéj nastają aniżeli to było dawniéj, po prostu z téj przyczyny, że spadłe zimową porą śniegi rychléj obecnie tają na wiosnę, leżąc na ogołoconéj z lasów ziemi [4]). Jeżeli który kraj obiecuje dać z siebie w czasach dzisiejszych nader pouczający choć wcale nie pocieszny przykład, co może zrządzić na wysoką skalę

---

[1]) Sadowski „Drogi handlowe greckie i rzymskie przez porzécza Odry, Wisły, Dniepru i Niemna do wybrzeży morza baltyckiego“ (Kraków 1876), str. 3.

[2]) „Jadwiga i Jagiełło“ (Lwów 1861) T. I, str. 23.

[3]) „Zeitschft d. öster. G. f. Meteorlg.“ Bd. IX (1874), str. 94, 145, 161 i Bd. XI (1876) str. 233.

[4]) p. Müller „Kosmische Physik“ str. 717.

praktykowane trzebienie lasów, to pewnie Stany Zjednoczone północnéj Ameryki. Konsumpcyja drzewa jest tam stosunkowo większa niż gdziekolwiek indziéj na ziemi. Same drogi żelazne potrzebują rocznie 100 milionów sztuk progów, lokomotywy zużywają dziennie 20000 sąg drzewa, a skoro nadto mniéj więcéj 2 miliony morgów lasu rok rocznie giną jako ofiary rozmyślnie zrządzanych pożarów i skoro prócz tego 20 milionów ludzi mieszka w drewnianych domach, łatwo pojąć, jak szybko musi zasób lasów pomniejszać się tam, gdzie nikt, sam rząd nawet, nie myśli jeszcze na seryjo rozciągnąć swéj opieki nad lasami. Podobna gospodarka, kosztująca państwo rok rocznie co najmniéj 8 milionów morgów lasu, nie dziw, że téż już dzisiaj mści się stopniową zmianą klimatycznych warunków zwłaszcza północno-wschodnich Stanów, że w szczególności rzéki jak Hudson, Potomac, Connecticut i t. d. znaczne wykazują już różnice w stanie wód swoich w porównaniu do ich stanu w czasach dawniejszych i że wkrótce, jeżeli się tylko złemu zawczasu nie zaradzi, tém groźniejszych jeszcze katastrof klimatycznych należy się w Stanach Zjednoczonych spodziéwać [1]).

Idąc w ten sposób krokiem daléj, dodaćby można, że las i z tego jeszcze względu niepoślednią w klimatologii odgrywa rolę, że nie jest także, jak się zdaje, bez wpływu na gradobicia i burze. Przynajmniéj Becquerel wykazał, że gradobicia we Francyi unikają najczęściéj okolic zalesionych [2]), podczas gdy znowu

---

[1]) czyt. „Mittheilungen d. k. k. geogr. Gesell. in Wien“ 1874, str. 284—286.

[2]) Reclus „La Terre“ II, str. 390.

Abich upatruje przyczynę nader częstych gradobić u południowych stoków Kaukazu właśnie w coraz więcéj tamże wzmagającém się trzebieniu lasów [1]). I w rzeczy saméj, jeżeli, jak utrzymują meteorologowie, do utworzenia się gradu nieodzownym jest silny prąd wstępujący (courant ascendant), to lasy jako takie widocznie nie mogą sprzyjać większemu rozgrzaniu się powiérzchni ziemi i powietrza, a tém samém i powstaniu równie silnego prądu wstępującego, jaki właśnie tworzy się nad miejscowościami bezleśnemi.

W najnowszych czasach, gdzie szybki postęp nauk z jednéj a łatwo gromadzący się kapitał z drugiéj strony dostarczają człowiekowi coraz więcéj środków do zaspokojenia jego potrzeb, obiecuje człowiek nierównie dzielniéj jeszcze, niźli trzebieniem lasów zmodyfikować lokalne warunki klimatyczne. Myśli mianowicie o zalaniu całych terrytoryjów, dotychczas dla kultury niedostępnych, wodą morską, czyli, co na jedno wychodzi, o powiększeniu obszaru oceanu kosztem stałego lądu, a tém samém o powiększeniu ewaporacyi wody morskiéj i sprowadzeniu skutkiem tego obfitszych opadów atmosferycznych w miejscowościach, któreby z owemi przyszłemi morzami śródziemnemi miały sąsiadować. Są to, prawda, jeszcze dopiéro projekty, a mają one na celu zalać to słone, bagniste jeziora czyli szotty Tunizu i Algeryi (projekt kapitana Roudaire'a) [2]), to Saharę zachodnią (projekt anglika J. A. Skertchly) [3]) to znowu pusty-

[1]) Müller „Kosm. Physik“ str. 721 i 724.

[2]) p. „Revue de geographie“ I Année VII Livraison, p. 67—71.

[3]) p. „l' Explorateur“ 1875, str. 503.

nię Colorado [1]); z tém wszystkiém dość w czasach dzisiejszych podobne postawić projekty i ich korzyść wykazać a pewnie nie długo każą one czekać na swe urzeczywistnienie. Piérwszy przynajmniéj blizkim już jest zrealizowania. Rzecz osobliwsza atoli, że projekty rzeczone miasto znaleźć poklask już nie raz dały powód do podnoszenia wielorakich skarg i obaw, jakoby zwłaszcza zatopienie części Sahary groziło oziębieniem Europy. Tymczasem zupełną, jak mniemamy, bezzasadność podobnych obaw, opartych zresztą na illuzyi, jakoby Sahara była piecem Europy, wykazał prof. Hennessy w Dublinie, opiérając się na tém, że woda, odznaczająca się nader wielką ciepłotą gatunkową, lepszą tém samém jest zachowawczynią ciepła aniżeli ląd stały, choćby nawet w Afryce północnéj, gdzie zimne noce właśnie świadczą o gwałtownem promieniowaniu ciepła w przestworze, że zatém pokrycie części Sahary morzem winno mieć właśnie rezultat przeciwny wyżéj wspomnianym obawom, bo utrzymanie więcéj jednostajnéj temperatury w pomienionych częściach Sahary. Taki właśnie stan rzeczy natrafiamy nad morzem Czerwoném, gdzie powietrze posiada omal równie wysoką temperaturę dzienną jak nocną [2]). Ale zalanie większych obszarów Sahary wodą morską obiecywałoby nietylko najbliższym okolicom mających być zalanemi części téj pustyni nader dobroczynną reformę klimatyczną, zwłaszcza pod względem opadów atmosferycznych i przebiegu ciepłoty dziennéj,

---

[1]) czyt. Petermann „Mittgl.“ 1874, str. 150; i „Mittlg. d. k. k. geogr. Gesell. in Wien“ 1875. str. 136—137.

[2]) p. „Nature“ Vol. XII, str. 405.

łecz także nie pozostałoby prawdopodobnie bez zbawiennego wpływu na dotychczasowe warunki klimatyczne południowo-wschodniéj Rosyi, okolic morza Kaspijskiego, Mesopotamii, dokąd dziś według Dovego sięgają [1]) tylko suche, właśnie z Afryki pochodzące antypassaty. W ten sposób, ale jedynie tylko w ten sposób byłby człowiek zdolnym zmodyfikować klimat nie jednego z dzisiejszych stepów, nawet pokryć je lasami, których obecnie nie posiadają, bo dla braku opadów atmosferycznych we wszystkich porach roku posiadać nie mogą.

II. Zmienność klimatu w dawnych epokach historyi ziemi.

Wykazawszy w powyższym zarysie zmienność klimatu ziemskiego w czasach historycznych i przyczyny téj zmienności, należy nam jeszcze przyjrzéć się klimatowi ziemskiemu w dawniejszych epokach dziejów ziemi, aby świadectwami zaczerpniętemi z geologii, tém łepiéj uzasadnić prawo zmienności klimatu w ogóle. Widocznie wszakże zadaniem naszém nie tyle ma być wykazanie zmian, jakim podlegał klimat ziemski w dawnych peryjodach geologicznych — bo jest to już z dawna przez geologów wykrytą i dowiedzioną rzeczą — ile przedewszystkiém znowu wykazanie przyczyn, dla których klimat ziemski już od najdawniéjszych czasów, podobnie jak obecnie, ustawicznym ulegał przeobrażeniom.

---

[1]) „Über Eiszeit, Föhn und Scirocco“ (Berlin, 1867), str. 13—16.

Piérwiastkowo, kiedy ziemia była jeszcze w stanie gazowym, musiała niewątpliwie, podobnie jak dzisiejsze słońce, posiadać temperaturę kilku tysięcy stopni C.; ale i potém, kiedy przeszła w stan rozżarzonéj ciekłéj masy, mogła posiadać około 1000° C., odkąd zapewne nowe upłynęły lat milijony, zanim nie ostygła do 100° lub 80° C.; przynajmniéj prof. Helmholtz z uwagi na czas, jakiego potrzebują lawy wulkaniczne do ostygnięcia, starał się wykazać, iż ziemia, aby ostygnąć od 1100° C. do 100° C. potrzebowała mniéj więcéj 350 milijonów lat [1]. Naturalnie, że przy tak wysokiéj własnéj temperaturze ziemi działanie słońca na naszego planetę musiało być piérwotnie prawie żadném, że przeto w owéj zamierzchłéj dobie dziejów ziemi nie mogło być mowy o tém, co dzisiaj przywykliśmy nazywać klimatem, albowiem wówczas we wszystkich szérokościach geograficznych powierzchni ziemi musiała równie wysoka panować ciepłota. Dopiéro, gdy ziemia tak dalece na swéj powierzchni ostygła, że udzielające się drogą przewodzenia z jéj wnętrza ciepło bynajmniéj nie równoważyło strat, jakie ziemia ponosiła przez ciągłe promieniowanie ciepła w przestworze, wtedy insolacyja czyli wpływ ciepła słonecznego mógł się rozpocząć i wtedy piérwsze, choć zrazu mniéj wybitne wystąpić musiały różnice klimatyczne w różnych szérokościach geograficznych ziemi. Ale i potém jeszcze, lubo proces oziębiania się masy ziemi w niczém nie ustawał, ciepłota całéj powierzchni ziemi i jéj atmosfery musiała być cokolwiek wyższą od dzisiejszéj, a to z tego ważnego powodu, że praw-

[1]) Dana „Manual of geology“ (2. edit.), str. 146—148.

dopodobnie atmosfera ziemska, choć już po skropleniu się a następnie stężeniu piérwiastkowo gazowéj masy ziemi znacznie oczyściła się z gazów, długi czas jeszcze musiała być mimo tego w wyższym niźli dzisiaj stopniu napełnioną przedewszystkiém gazem kwasem węglowym, który właśnie miał późniejszéj roślinności jéj najgłówniejszego dostarczyć pokarmu. Będąc zaś nasycona tego rodzaju gazem przepuszczała wprawdzie z łatwością jasne promienie ciepła słonecznego, biegnące ku ziemi, tém trudniéj jednak pozwalała wydostać się napowrót do przestworu ciemnym promieniom ciepła, pochodzącym z ziemi, tak, że skutkiem tego powierzchnia ziemi i jéj atmosfera znajdowały się w podobnych niejako warunkach, jak rośliny w naszych cieplarniach, a mianowicie temperatura powietrza musiała być wyższą niźli dzisiaj [1]). Być łatwo może, że łącznie z przypuszczoną co dopiéro przyczyną i inne jeszcze czynniki wpływały na podwyższenie ciepłoty powierzchni ziemi i jéj powietrza w dawnych okresach geologicznych, a co do których nie ulega już więcéj wątpliwości, że nietylko w strefie, dziś zwanéj umiarkowaną, ale — i to przedewszystkiém — nawet w strefie podbiegunowéj istniał niegdyś klimat znacznie cieplejszy niż obecnie, tak, że wedle Heera jeszcze na początku formacyi krédowéj należy przyjąć w Grenlandyi klimat podobny temu, jaki dziś natrafiamy na wyspach kanaryjskich lub w Egipcie, a nawet w dobie formacyi miocenicznéj pomyśleć sobie jeszcze w świe-

---

[1]) p. Tyndall „Heat a mode of motion“ (5. edit.), str. 388—394; i Sterry Hunt „Chemical and geological Essays“ (Boston and London, 1875), str. 35—45.

cie polarnym klimat, jakim cieszy się dziś środkowa Europa [1]). Czynnikami temi wedle jednych, w szczególności według SARTORIUSZA von WALTERSHAUSEN [2]) było ciepło wnętrza ziemi, jakie w dawniejszych epokach geologicznych miało w większéj ilości udzielać się powierzchni ziemi i jéj atmosferze; według innych, jako to LYELLA [3]), odmienny od dzisiejszego rozpodział lądów i mórz na ziemi, a mianowicie przewaga wody u biegunów. lądów zaś u równika; według POISSONA przebywanie ziemi w cieplejszych sferach przestworza; wedle innych nareszcie wyższa niegdyś temperatura słońca w porównaniu do dzisiejszéj [4]). I w rzeczy saméj nie podobna orzec, aby którykolwiek z tych czynników był niemożebnym, skoro, jak dawniéj, tak i dziś zapewne ciągle ziemia jeszcze stygnie t. j. traci swe wewnętrzne ciepło; także rozmieszczenie lądów i mórz ustawicznym ulegało i ulega zmianom, podczas gdy stwierdzone przez fotometryczne badania HUGGINSA niejednakowe promieniowanie gwiazd stałych pozwala wnosić, że w różnych częściach przestworza różna

---

[1]) p. A. E. NORDENSKJÖLD „On the former Climate of the Polar Regions“ w „The geological Magazine“ 1875, Nro XI, str. 525—532; i A. GRISEBACH „Fortschritte in der Geographie der Pflanzen“ w BEHM'A „Geogr. Jahrb.“ 1876, str. 220 i nast.

[2]) „Untersuchungen über die Climate der Gegenwart und der Vorwelt mit besonderer Berücksichtigung der Gletschererscheinungen in der Diluvialzeit“ w „Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem“ 1865, 23 Deel, str. 146—157 i 315—367.

[3]) „Principles of geology“ (12. edit.) I, str. 263—271.

[4]) p. PFAFF „Allgemeine Geologie als exacte Wissenschaft“ (Leipzig, 1873), str. 38—39.

panuje ciepłota, słońce zaś jak wszystko w przyrodzie posiadać musi także byt ograniczony a więc zbliżać się do czasu, kiedy przestanie być gwiazdą, własném promieniejącą światłem [1]).

W tém większym znaleźli się geolodzy kłopocie, gdy na przejściu z trzeciorzędnych do dzisiejszych formacyj przyszło im się spotkać z pytaniem, co było powodem, że w t. zw. peryjodzie lodowym lodniki alpejskie dochodziły aż do jeziora genewskiego i bodeńskiego z jednéj, do morza zaś, co jeszcze dzisiejszą zalewało Lombardyję, z drugiéj strony, że Anglia i Skandynawia podobnemi raczéj były do dzisiejszéj wiecznym lodem pokrytéj Grenlandyi, że odczepiające się od lodników Finlandyi i Skandynawii góry lodowe odbywały wędrówkę aż do podnóża Harcu, turyngskiego lasu, gór kruszcowych czeskich lub Karpat, podczas gdy zwiérzęta, dziś na dalekiéj mieszkające północy, w środkowéj żyły Europie. Nad rozwiązaniem tego pytania pracowały téż już tak dobrze najtęższe, jak z drugiéj strony, niestety, i niepowołane głowy, tak, iż żadne może z pytań umiejętnych nie wykazuje po dziś dzień równie wielkiéj liczby to mniéj to więcéj trafnych odpowiedzi. Wszystkie teoryje i hypotezy, jakie w téj mierze postawiono, dadzą się na dwie główne podzielić kategoryje. Jedne upatrują przyczyn doby lodowéj w zmianach warunków kosmicznych, drugie znowu w zmianach tellurycznych warunków klimatu.

Do teoryj, usiłujących wytłómaczyć peryjod lodowy z przyczyn kosmicznych, należy zaliczyć najprzód teoryję Poissona („Theorie mathématique de la chaleur",

---

[1]) Pfaff, tamże.

1835), wedle któréj ziemia, biegnąc wraz ze słońcem w coraz to inne części przestworza, ma przechodzić przez sfery o różnéj temperaturze, a więc mogła także przechodzić przez sfery zimniejsze, niźli te, przez które przebiegała przed peryjodem lodowym lub po nim. Zastósowanie wszakże téj teoryi do peryjodu lodowego pozostało bez jakiegokolwiek w świecie naukowym oddźwięku. Podobny los spotkał teoryję Franklanda (w „Philosophical Magazine“, August 1864), który sobie wyobrażał peryjód lodowy jako następstwo nierównego oziębiania się stałego lądu i wody oceanicznéj z przyczyny, że ostatnia wyższe posiada ciepło gatunkowe, skutkiem czego powstała różnica między temperaturą lądów i mórz sprowadzić miała większe parowanie wody, większe opady atmosferyczne, które znowu w szczególności w górach miały dać powód do nagromadzenia się większych mas śniégu i lodu. Widocznie bowiem pozostał jeszcze Frankland dłużnym odpowiedzi, dlaczego, skoro, jak powszechnie geologowie przypuszczają, proces oziębiania się ziemi trwa bez przerwy daléj, wrzekome zimno doby lodowéj nietylko się dzisiaj nie zwiększyło, ale nawet ustąpiło.

Szczególnie głośnemi, lubo niezasłużenie, stały się teoryje o peryjodyczném w dziejach ziemi powracaniu doby lodowéj. Do nich możnaby już zaliczyć teoryję Agassiza („Etudes sur les glaciers“, Neuchatel 1840), który śladem dawnych katastrofistów przypuszczał, że z końcem każdéj epoki geologicznéj cała prawie ziemia pokrywała się grubą powłoką lodu, skutkiem czego za każdym razem wszystkie żyjące wprzód ginęły jestestwa, poczém dopiéro nowa nastawała epoka w dziejach ziemi o niższéj już cokolwiek ciepłocie, niż w epoce

poprzedzającéj i nowe rodziły się jestestwa organiczne. Ale pierwszym, który usiłował bliżéj uzasadnić peryjodyczność doby lodowéj, był dopiéro francuzki matematyk Adhémar („Les revolutions de la mer“ 1842). Jak się zdaje, dała mu do tego pochop uwaga Aleksandra Humboldta (w piśmie „sur les lignes isothermes“ 1817), że południowa półkula jest obecnie cokolwiek zimniejszą od północnéj, a to dlatego, że ma zimę o 8 dni dłuższą niż północna. Wywód Adhémara możnaby streścić w sposób następujący: Ilość godzin dnia na półkuli północnéj jest obecnie większa od ilości godzin nocy, podczas gdy przeciwnie na półkuli południowéj przypada tylko 4294 godzin dnia na 4464 godzin nocy. Z tego powodu średnia temperatura roczna półkuli południowéj musi być niższą, skoro podczas dłuższych tamże nocy promieniować musi więcéj ciepła w przestworze aniżeli na półkuli północnéj, gdzie téż skutkiem tego wyraźna pozostaje nadwyżka ciepła. Okoliczność ta pozwala téż dziś gromadzić się na biegunie południowym niezmiernym masom lodu o grubości 1 mili, co znowu w następstwie zbacza środek ciężkości ziemi, a zboczenie tego ostatniego wpływa na gromadzenie się większéj ilości wody oceanicznéj na półkuli południowéj. Przyczyna zaś większéj ilości godzin nocy i dłuższéj zimy na półkuli południowéj nie leży w czém inném, jak w eliptycznym kształcie drogi ziemi około słońca i we wsteczném posuwaniu się punktów równonocnych. Ponieważ zaś punkty te obiegają wraz z absydą całe koło w ciągu 21000 lat, przeto obecne ich położenie a tém samém długość pór roku na obu półkulach nie pozostaną niezmiennemi, owszem, licząc od r. 1248 po Chr., po 10500 latach

nastaną dla północnéj półkuli teżsame warunki, w jakich się dziś znajduje półkula południowa. Taka sama peryjodyczna zmiana warunków klimatycznych obojga półkul odbywała się według Adhémara i w dawniejszych okresach geologicznych.

Podczas gdy Adhémar opiérał się w swych wywodach na różnicy w długości pór roku i pór dnia na obu półkulach ziemi, to znowu James Croll wystąpił od r. 1864 do 1875 z całym szeregiem rozpraw [1]), próbując w nich udowodnić, że najwalniejszym czynnikiem w nierównym rozpodziale ciepłoty na obupółkulach, a tém samém główną przyczyną ich peryjodycznie powracających okresów lodowych, jest zmienna odśrodkowość drogi ziemskiéj. Odśrodkowość ta, dzisiaj wynosząca 333500 mil geograficznych, wynosiła przed 30000 lat 1555000 mil geograficznych, skutkiem czego różnica między odległościami ziemi od słońca w punkcie odsłonecznym i przysłonecznym wynosiła wówczas 3110000 mil geogr. Owóż okoliczność ta nie może być bez wpływu na klimat téj półkuli, któréj krótkie lato przypada lub przypadnie podczas perihelium, a długa zima podczas aphelium i to właśnie w czasie największéj odśrodkowości drogi ziemskiéj. Wtedy téż musiała się ona i musi za każdym razem pokryć większą masą lodu.

Inaczéj cokolwiek zapatruje się na przyczynę peryjodu lodowego H. Schmick, Prof. w Kolonii [2]).

---

[1]) W całości przedstawił on swą teoryję w dziele „Climate and time in their geological relations, a theory of secular changes of the Earth's Climate" (London 1875).

[2]) Pisma jego: „Die Umsetzung der Meere und die Eiszeiten der Halbkugeln der Erde, ihre Ursachen und Perioden". Köln 1869.

Wychodzi on z założenia, że zmienne stanowisko ziemi względem słońca nie może być bez wpływu na zachowanie się poziomu morza. Obecnie najsilniéj działa siła przyciągająca słońca na półkulę południową, skoro tamże lato przypada podczas perihelium. Ponieważ zaś stósunek ten trwa już 5871 lat (i trwać jeszcze będzie 4629 lat, t. j. razem 10500 lat), przeto następstwem tego być musiało większe nagromadzenie się wód oceanicznych na półkuli południowéj. Że wszakże gromadząca się tam w ten sposób woda morska na północną półkulę napowrót nie odpływa, tłómaczy Schmick tém, że przyciągająca siła słońca manifestuje się na północnéj półkuli o $^1/_{30}$ słabiéj niźli na południowéj i że nadto za każdym razem część wody w okolicach bieguna południowego marznie, a więc na półkulę północną powrócić nie może. Podobny rozpodział lądu i wody, jaki dzisiaj natrafiamy na półkuli południowéj, istniał przed 9298 laty na półkuli północnéj, t. j. kiedy w lecie téjże półkuli ziemia znajdowała się w perihelium, a w zimie w aphelium, kiedy zatém zima jéj była o 8 dni dłuższą od lata, a w ciągu 10500 lat dłuższą o 115 lat i 25 dni. Przyjmując wszakże, powiada Schmick,

---

„Thatsachen und Beobachtungen zur weiteren Begründung der neuen Theorie einer Umsetzung der Meere und eines gleichzeitigen Wechsels der Eiszeiten auf beiden Halbkugeln der Erde“. Görlitz 1871.

„Die neue Theorie periodischer säkulärer Schwankungen des Seespiegels“. Münster 1872.

„Das Flutphänomen und sein Zusammenhang mit den säkulären Schwankungen des Seespiegels“. Leipzig 1874.

„Die Aralo-Kaspi-Niederung und ihre Befunde im Lichte der Lehre von den säkulären Schwankungen des Seespiegels“. Leipzig 1874.

choćby tylko 59 lat, w których lód się tworzył i to znowu w każdym z tych lat dziennie warstwa lodu na 1 cal tylko gruba, to jużby w przeciągu tego czasu musiała się wytworzyć warstwa lodu mająca 1734 stóp grubości, a więc dostatecznie gruba, aby z niéj wszystkie zjawiska peryjodu lodowego wytłómaczyć.

Za dalekoby nas zawiodło, gdybyśmy chcieli wdawać się w szczegółową krytykę skréślonych co dopiéro teoryj o kosmicznych przyczynach peryjodu lodowego, zwłaszcza teoryj Adhémara, Crolla i Schmicka. Dość powiedzieć, że kiedy n. p. wywody Schmicka znalazły zrazu w Niemczech niezmierne wzięcie i to tak dalece, że Prof. Völker („Kosmogonische Vorträge", Schaffhausen 1872), nie wahał się nawet wyrzéc, że nauka Schmicka zupełnie jest tém samém dla tłómaczenia geologiczno-klimatycznych warunków ziemi, czém była nauka Kopernika dla zbadania systemu planetarnego [1]); to natomiast Peschel i Bruhns [2]) widzieli w niéj tylko twierdzenie wprost sprzeciwiające się takim zasadniczym prawom, jak prawa Keplera, Newtona i Laplacea. Także co do teoryi Adhémara i Crolla wystarcza przypomnieć, że lato półkuli północnéj nie jest chłodném a zima południowéj półkuli ostrą, jakby to wynikało ztąd, że w czasie tych pór roku znajduje się

---

[1]) ..... „wir dürfen Dr Schmick als den Gründer einer für das Verständniss der geologischen Gestaltung unserer Erde ebenso wichtigen Lehre betrachten, wie es Kopernikus für die Erklärung des Planetensystems war". — P. Pillar „Ein Beitrag zur Frage über die Ursache der Eiszeiten" (Agram, 1876), str. 30 nota 1.

[2]) „Über die angeblichen Schwankungen des Schwerpunktes unserer Erde" w „Ausland" 1875, str. 71.

ziemia w aphelium, i że lato południowéj półkuli nie jest gorące a zima półkuli północnéj łagodna, coby znowu winno być następstwem tego, że naówczas ziemia znajduje się w perihelium; ale że owszem ma się rzecz wręcz przeciwnie. jak nas o têm isotery i isochimeny pouczają, t. j. lato północnéj półkuli jest gorące a zima ostra, lato zaś półkuli południowéj chłodne a zima łagodna, a co po prostu jest tylko wypływem takiego właśnie rozmieszczenia lądów i mórz, jakie dziś na kuli ziemskiéj znachodzimy. Okoliczność ta zaś świadczy najwymowniéj, że wpływ takiego a nie innego rozpodziału lądów i mórz jest silniejszy na klimat resp. na ciepłotę obu półkul z osobna, aniżeli wpływ większego lub mniejszego oddalenia ziemi od słońca, a têm samém i wpływ różnéj długości pór roku lub znowu różnéj ilości godzin dnia i nocy na obu półkulach. Zresztą — i to w szczególności teoryja Crolla doczekała się już ostréj krytyki ze strony p. Szymona Newcomb'a, do któréj téż ciekawych odsyłamy, a który, wykazawszy jéj błędność w szeregu szczegółów, na jakich się Croll oparł, wypowiada nareszcie: „we cannot therefore regard Mr Croll's theory of a connection between the form and position of the earth's orbit and the Glacial epoch, as having any reasonable show of foundation“ [1]). To téż i teoryja Dra G. Pillara, prof. geologii w Zagrzebiu [2]), który, lubo odrzuca zapatrywania Schmicka, przypuszcza z nim wszakże możność nagromadzenia się większéj ilości lodu u bieguna téj półkuli, któréj

---

[1]) P. „American Journal of Science and arts“, 1876, Kwiecień, str. 263—273.

[2]) „Ein Beitrag zur Frage über die Ursache der Eiszeiten“, str. 49 i nast.

zima przypada podczas aphelium, śladem Croll'a zaś główną przyczynę tego upatruje w zmiennéj odśrodkowości drogi ziemskiéj, upaść ostatecznie musi, tém łatwiéj, skoro temu gromadzeniu się lodu, a więc i zbaczaniu skutkiem tego punktu ciężkości ziemi stoi raz na zawadzie ciągłe odczepianie się od lodników gór lodowych, które, jak wiadomo, biegną ku równikowi i w drodze tają, drugi raz sprzeciwia się wrzekomemu nagromadzeniu się wody morskiéj na półkuli południowéj ustawiczna jéj wędrówka ku północy, skonstatowana przez wyprawę Challengera. Ocean zaś, jak to również najnowsze wykazały sondowania, bynajmniéj nie jest głębszym na półkuli południowéj [1]), a co jeszcze Schmick i Pillar za pewnik przyjmują. Wreszcie przemawia przeciw nim i przeciw Croll'owi ten jeszcze ważny wzgląd, że nie ma w dawnych peryjodach geologicznych śladów, (a przynajmniéj zebrane w téj mierze świadectwa są jeszcze zbyt wątłe, aby na nich można coś pozytywnego budować), któreby dowodnie wykazywały, że peryjod lodowy po kilka kroć razy powtarzał się w dziejach ziemi i to raz pojawiał się na jednéj, drugi raz na drugiéj półkuli. Jeżeli gdzie, to pewnie w strefie podbiegunowéj winnyby ślady podobne najłatwiéj jeszcze dać się odszukać i sprawdzić. Tymczasem Heer [2]), i Nordenskjöld [3]), dwaj

---

[1]) czyt. obszerniéj o tém: Czerny „Zarys geografii fizycznéj oceanu“ w „Przewodniku naukowym i literackim„· Lwów 1877, Styczeń i Luty.

[2]) p. A. Grisebach „Fortschritte in der Geographie der Pflanzen“ w Behm'a „Geogr. Jahrbuch“ 1876, str. 221—223.

[3]) „On the former Climate of the Polar Regions“ w „The geological Magazine“ 1875, Nro XI, str. 525—532.

z najlepszych znawców świata arktycznego, wyraźnie odrzucają hypotezę, zbudowaną na czyście tylko teoretycznéj spekulacyi, która się domaga na przemian po sobie następujących ciepłych i zimnych klimatów na ziemi od najdawniejszych począwszy aż do dzisiejszych czasów historyi globu ziemskiego.

W miarę tego, jak wymienione teoryje coraz wyraźniéj tracą dzisiaj na kredycie, zaczęto w bieżących właśnie latach tém pilniéj zwracać się ku badaniu innego pytania, a mianowicie, ażali oś ziemska i bieguny ziemi nie ulegają wiekowym zboczeniom, t. j., czyli nie zmieniają swego miejsca, a tém samém i klimaty gorący i zimny nie wędrują po ziemi. Możliwość tego zjawiska przypuszczają przedewszystkiém uczeni angielscy, jako to Evans [1]), William Thomson [2]), G. H. Darwin [3]), Samuel Haughton [4]), oraz Francuz Juliusz Carret [5]), lubo już w roku 1668 geolog angielski Hooke uciekał się piérwszy do hypotezy o zmianach środka ciężkości ziemi i położenia osi ziemskiéj [6]). Kiedy atoli Evans sądzi (1866), że nie sama oś ziemi i środek jéj ciężkości zmieniają swoje miejsce, lecz skorupa ziemska ślizgająca się na ciekłéj wewnętrznéj masie: ślizgająca się zaś dlatego, że każde nabrzmienie lądu stałego albo większe nagromadzenie się materyjału osadowego w wyższych szérokościach musi dzięki

---

[1]) P. „Nature“, Vol. XIII., str. 354; i Lyell „Principles of geology“ II. str. 208—209.

[2]) W „Nature“ Vol. XIV, str. 426 i nast.

[3]) P. „Nature“ Vol. XV, str. 360.

[4]) P. „Nature“ Vol. XV, str. 542—543.

[5]) P. „Nature“ Vol. XV, str. 188.

[6]) Lyell „Principles of geology“ I, str. 41.

sile odśrodkowéj ziemi zbliżyć się ostatecznie do równika; to inni właśnie przypuszczają wprost możność zmiany w położeniu samego środka ciężkości ziemi i jéj osi z uwagi, że skorupa ziemska podlega ustawicznie to podnoszeniu się w jedném, to opadaniu w drugiém miejscu, a tém samém burzy, ciągle równowagę całéj masy globu ziemskiego. Tymczasem przeciw hypotezie Evansa mówi okoliczność, że ziemia nie jest kulą lecz sferoidem, że przeto ruchy jéj wrzekoméj skorupy po przypuszczonéj ciekłéj masie wewnętrznéj nie mogą się odbywać tak, jak to pojmuje Evans, skoro na to nie dozwalałoby ogromne tarcie, wynikające właśnie ze sferoidalnego kształtu ziemi. Ale także i przeciw hypotezie drugiego obozu orzekł astronom angielski Airy, zwracając uwagę na podniesione w nowszych okresach geologicznych pasma gór, że takowe zgoła nie mogły wpłynąć na zmianę położenia środka ciężkości ziemi, a tém samém i osi ziemskiéj, albowiem objętość tych gór zawsze była i jest nieskończenie małą wobec nabrzmienia ziemi w pasie równikowym, a które to nabrzmienie posiada 5400 mil geograficznych długości, 1300 mil geogr. szérokości i blizko 3 mile (dokładniéj 2·88) wysokości [1]. Jeżeliby jednak dalsze badania mimo tego okazały, że skutkiem oscylacyj skorupy ziemskiéj zmiana w położeniu środka ciężkości ziemi i osi jest możebną, jeżeliby się sprawdziło, że szérokość geograficzna Greenwich, Washingtonu, Paryża, Petersburga, Królewca, Medyjolanu, Neapolu i Rzymu pomniejsza się obecnie [2], a formuły

[1]) P. Lyell „Principles of geology“ II, str. 209.

[2]) P. „Nature“ Vol. XIV, str. 426; i „Westminster Review“, Styczeń 1876, str. 38.

matematyczne w rodzaju formuł Haughtona pozwoliły nam nawet obliczyć odbywające się w ten sposób zmiany, naówczas niezawodnie bylibyśmy dostatecznie uprawnieni powiedzieć, że tam, gdzie kiedykolwiek na ziemi były bieguny północny i południowy, że tam oraz był peryjod lodowy. Jak długo atoli ta arcyciekawa zagadka nie doczeka się stanowczego rozwiązania, tak długo jedynéj racyjonalnéj przyczyny t. zw. doby lodowéj musimy szukać w zmianach tellurycznych warunków klimatu.

W téj mierze, jak to już powiedziałem wyżéj, pojawiło się także kilka teoryj. Charpentier n. p. orzekł około roku 1830, że przyczyną większego zalodnienia Alp była ich większa niegdyś wysokość; wkrótce wszakże, bo już roku 1831 porzucił on to piérwotne swoje zapatrywanie, a uciekł się znowu do wcale illuzorycznego twierdzenia, że podczas dźwigania się Alp z końcem formacyi neocenicznéj powstały w nich mnogie szczeliny i parowy, któremi wielkie ilości pary wodnéj wydobywały się z głębi ziemi, para ta zaś skraplając się i opadając na góry w kształcie śniegu pozwoliła wytworzyć się tak olbrzymim lodnikom, jakich właśnie była świadkiem doba lodowa. Także Kämtz, podobnie jak zrazu Charpentier, tłómaczył peryjod lodowy w Alpach większą ich wysokością w czasach dawniejszych. Geolodzy szwajcarscy, jak Escher von der Linth i Desor, sądzili znowu, że doba lodowa miała swój powód w tém, że Sahara nurzała się jeszcze naówczas w znacznéj części pod morzem, skutkiem czego wiatry-föhny przybywały do Szwajcaryi zimne, a nie, jak dzisiaj właśnie, ciepłe. Ale jak teoryja o większém piérwiastkowo wzniesieniu Alp grzeszyła jedno-

stronnością, tak teoryja geologów szwajcarskich mijała się znowu, jak to wykazali Dove i Hann [1]), z prawami wiatrów. Także i H. Lecocq odwołując się w roku 1847 piérwszy do większego parowania oceanu w dobie lodowéj przy działaniu wyższéj ciepłoty, błądził o tyle, że domagał się wyższéj od dzisiejszéj średniéj temperatury rocznéj powietrza, jakkolwiek parowanie oceanu mogło być także większém przy cokolwiek nawet niższéj od dzisiejszéj średniéj temperaturze rocznéj powietrza, jeżeli tylko powierzchnia parującego oceanu, n. p. na półkuli północnéj, była większą niżli dzisiaj. Nie błądzi on atoli, jeśli odwołuje się w ogóle do większego parowania mórz w dobie lodowéj, skoro, jak to Tyndall [2]) słusznie podnosi, niedorzeczną byłoby jedynie tylko znaczniejszém obniżeniem się temperatury powietrza tłómaczyć większe rozmiary lodników w dobie lodowéj — lodników, będących nie czém inném, jak właśnie tylko wyrazem ilości opadów atmosferycznych, a tém samém i stopnia parowania wody oceanicznéj. Z tém głębiéj pomyślaną teoryją wystąpili Hopkins i Lyell [3]). Opiérając się bowiem na prawach meteorologii z jednéj, a dynamicznéj geologii z drugiéj strony, upatrują oni po prostu przyczynę doby lodowéj w innym od dzisiejszego rozpodziale lądów i mórz, a mianowicie w większém nagromadzeniu się lądów u biegunów a wody u równika. Nie trudno téż było już potém Sartoryjuszowi von Waltershausen [4]) połą-

---

[1]) P. Czerny „Die Wirkungen der Winde auf die Gestaltung der Erde", str. 10—11.

[2]) „Heat a mode of motion", str. 187—188.

[3]) P. „Principles of geology" I, str. 233—271.

[4]) „Untersuchungen über die Klimate etc." w „Natur-

czyć niejako teoryę Hopkinsa i Lyella z piérwotną teoryą Charpentiera i Kämtza i orzec, że peryjod lodowy tłómaczy się jedynie odmiennném od dzisiejszego rozmieszczeniem lądów i mórz, inną ich konfiguracyją i odmiennném od dzisiejszego wzniesieniem nad poziom morza. Nie inaczéj także zapatruje się dziś na przyczynę doby lodowéj tyle głośny paleontolog i geolog amerykański J. W. Dawson [1]).

I w rzeczy saméj wszystko zdaje się przemawiać za tém, że rozpodział i pionowy układ lądów był wcale innym w peryjodzie lodowym, aniżeli dzisiaj. Anglia n. p. uległa po dobie formacyj trzeciorzędnych tak znacznemu podniesieniu, że połączyła się z kontynentem, podobnie podniosła się Skandynawia i Baltyk się osuszył, jak to wykazali Dawkins, Geikie, Lyell [2]) i Erdmann [3]), podczas gdy Niemcy północne i nizina sarmacka nurzały się pod wodą, tak samo jak większa część Sahary, północnéj Ameryki, Syberyi. Okoliczności te nie mogły się zaś obejść bez obniżenia średniéj temperatury rocznéj półkuli północnéj, tak, że zamiast wynosić 15·5° C., jak dzisiaj, musiała ona przy przewadze oceanu wynosić zapewne tyle, ile dziś wykazuje półkula południowa, t. j. 13·6° C., albo téż jeszcze cokolwiek mniéj, z powodu, że u bieguna północnego rozlegał się, jak się zdaje, rzeczywiście większy ląd, który jako taki, t. j. w wyższych szérokościach poło-

kundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem", 23 Deel 1865, str. 368 i nast.

[1]) P. „Nature" Vol. XVI, str. 67—68.

[2]) P. Dana „Manual of geology", str. 539—541.

[3]) „Exposé des formations quaternaires de la Suede" (Stockholm 1868), str. 7 i nast.

żony, musiał także nie mały wywierać wpływ na obniżenie się średniéj temperatury rocznéj całéj półkuli północnéj. Przynajmniéj Nordenskjöld czuje się spowodowanym wnosić z położenia i kierunku zdziałanych przez dawne lodniki rysów na skalistych wybrzeżach Spitzbergu, że podczas peryodu lodowego Spitzberg musiał być połączonym za pomocą suchego lądu ze Skandynawiją z jednéj a z północną Azyją z drugiéj strony [1]). Także Dr G. Jäger, dyrektor zoologicznego ogrodu w Wiédniu, bacząc znowu na rozpostarcie się lisów, niedźwiedzi, wilków etc., w starym i nowym świecie, przypuszcza (1867 r.), że zwiérzęta te miały niegdyś wspólną ojczyznę na jednym okołobiegunowym lądzie, który był tylko przerwany tam, gdzie dziś cieśnina Behringa. Dzisiejsze wyspy, jak Spitzberg, Nowa Zemlia, Islandyja, wyspa Jana Mayena, Niedźwiedzia, Faröer, są według Jägera resztkami właśnie tego kontynentu [2]). Podobnie Ralph Richardson w piśmie: „On the Ice-age in Great-Britain“ [3]) przyjmuje w peryjodzie lodowym łączność Anglii z Grenlandyją za pomocą suchego lądu, — okoliczność, która przedewszystkiém musiała wpłynąć na inny od dzisiejszego kierunek Golfstromu, t. j. oddzielić go od Europy, a tém samém odjąć jéj to dobrodziejstwo klimatyczne, jakie właśnie dzisiaj temu ciepłemu zawdzięczamy prądowi morskiemu. Jest zaś to przypuszczenie tém prawdopodo-

[1]) „American Journal of Sciences and arts“, 1876 Lipiec, str. 65—66.

[2]) „Spitzbergen und die arktische Centralregion“, str. 68—70, w „Ergänzungsheft“ Nro 16 zu Petermann's „Mittheilungen“.

[3]) Wiadomość o tem w „The Academy“ (1876), Nro 217, str. 16.

bniejsze, że inaczéj nie podobna wytłómaczyć, jakimby sposobem przy tak biegnącym, jak obecnie prądzie zatokowym (Golfstromie), góry lodowe polarnego świata mogły zanieść na wyspy azorskie bryły eratyczne, przybłędy, którym właśnie pospolicie przypisują pochodzenie z Grenlandyi [1]). Nie dosyć wszakże, że prąd zatokowy w dobie lodowéj nie otulał Europy swoją ciepłą szatą, owszem, skoro Rosyja i północne Niemcy były zalane morzem, a to pozostawało w łączności z oceanem oblewającym od południa ląd polarny, musiał nadto zimny, z północy biegnący prąd morski głęboko wciskać się w środek Europy, przynosząc z sobą całe szeregi gór lodowych, które, tając stopniowo w miarę jak się do niższych dostawały szérokości, rozsiéwały téż po drodze materyjał, jakim były obładowane.

Dodajmy nareszcie, czego dotychczas przy badaniu przyczyn peryjodu lodowego bynajmniéj nie uwzględniano, że zarówno jak wskazany co dopiéro rozpodział lądów i mórz musiały zapewne sprzyjać utworzeniu się lodników o większych niźli dzisiaj rozmiarach olbrzymie lasy dziewicze doby lodowéj, obniżając cokolwiek temperaturę zwłaszcza lata i podwyższając stopień względnéj wilgoci powietrza, t. j. spełniając dwa najważniejsze właśnie warunki tworzenia się lodników w ogóle.

W ten sposób zatém, jak cieplejszy klimat ziemi w dawniejszych epokach geologicznych tłómaczylibyśmy częścią odmiennémi od dzisiejszych warunkami kosmicznémi, częścią znowu odmiennémi od dzisiejszych

---

[1]) P. Sartoryjusz v. Woltershausen w cyt. rozpr., str. 278.

warunkami tellurycznémi, tak znowu peryjod lodowy tłómaczylibyśmy wyłącznie przewagą lądów w pobliżu bieguna północnego a przewagą wody w niższych szérokościach i większém niźli w czasach dzisiejszych zalesieniem kontynentów. W tém przekonaniu umacniają nas zaś w znacznéj części obecne stósunki klimatyczne półkuli południowéj, która z powodu właśnie odmiennego rozmieszczenia lądów i mórz jest cokolwiek zimniejsza od półkuli północnéj. Oto kapitan Cook opowiada o wyspie południowéj Georgii (54° południ. szér.), że tam nawet w lecie śniég czasem pada, a lodniki do samego dochodzą morza [1]), podczas gdy w Szkocyi europejskiéj nawet pod 58° sz. i na górach 4500′ wysokich śniég w lecie taje. Podobnie na wyspach Sandvich pod 59° południ. sz. góry pozostają w najciepłejszym nawet miesiącu, t. j. w lutym, pokryte śniégiem od wiérzchołka aż do morza. U zachodnich wybrzeży kraju ogniowego dochodzą lodniki również do morza [2]), a na zachodnich stokach Alp nowozelandzkich spuszczają się lodniki tylko na parę set stóp nad poziom morza, jak n. p. lodnik Wajau [3]). Wszystkie te okoliczności tłómaczą się zaś jedynie nagromadzeniem lądów u bieguna południowego z jednéj, oceanicznym zaś klimatem niższych szérokości z drugiéj strony, czyli, innemi słowy, łagodną zimą ale chłodném latem i znaczną wilgocią atmosfery na półkuli południowéj. Ztąd pochodzi także, że rośliny nie potrzebujące wysokiéj, ale wymagające jednostajnéj ciepłoty

---

[1]) P. Darwin „Reise eines Naturforschers um die Welt“, str. 284—285.

[2]) Lyell „Principles of geology“ I, str. 242—243.

[3]) Reclus „La Terre“ I, str. 276.

bez silnych mrozów, zbliżają się więcéj do linii wiecznego śniégu na południowéj aniżeli na półkuli północnéj [1]), gdzie nie pozwalają na to gwałtowniejsze oscylacyje temperatury dziennéj i rocznéj, i że n. p. na południowéj wyspie Nowéj Zelandyi udają się palmy, a paprocie dochodzą wielkości drzew, pomimo że winorośl wymagająca wyższéj temperatury zaledwie tylko dojrzéwa. Nie dziwna przeto, że na półkuli południowéj spotykamy tuż obok siebie roślinność podzwrotnikową i lodniki omal do samego schodzące morza, — w szérokościach geograficznych, odpowiadających na półkuli północnéj szérokościom Niemiec, Holandyi, Anglii lub Danii. To téż, powiada trafnie Darwin [2]), gdyby się Europa ujrzała w takich samych warunkach, jakie natrafiamy dziś na półkuli południowéj, jaguary i pumy mogłyby żyć w okolicach Pirenejów, paprocie wielkości drzew mogłyby róść w szérokości góry Montblanc, w Danii mogłyby się znachodzić kolibry i papugi, pomimo, że już 90 mil na północ od Danii wiérzchnia warstwa ziemi byłaby ciągle zamarzniętą, po morzu pływałyby góry lodowe, Norwegia zaś i wyspy Orknejskie i Szetlandzkie wiecznym byłyby pokryte śniégiem, a w szérokości jeziora genewskiego lodniki schodziłyby aż do morza. Spoglądając na dzisiejsze warunki klimatyczne półkuli południowéj możemy zatém śmiało z Hochstetterem [3]) orzéc, że to, co rozumiemy przez peryjod lodowy, właśnie tam trwa obecnie, a jeźli znachodzą się i tam, w szczególności na południowéj

---

[1]) Darwin „Reise eines Naturforschers etc.", str. 286.
[2]) Tamże, str. 287—288.
[3]) „Neu-Seeland" (Wien 1864), str. 257—267.

wyspie Nowéj Zelandyi, ślady większego niegdyś rozpostarcia się lodników, to tłómaczyć je także tylko należy wieksżą niegdyś wyniosłością dotyczących okolic ponad poziom morza, aniżeli dzisiaj. Natomiast obniżenie się podniesionych lądów obok wydostania się z morza większych obszarów lądu suchego sprowadziło i zawsze sprowadzić musi większe oscylacyje temperatury dziennéj i rocznéj, przedewszystkiém wyższą ciepłotę lata, a więc musiało i musi wpłynąć na pomniejszenie się i cofanie lodników. Reguła ta zdaje się obowiązywać i na Marsie, i to mianowicie na jego półkuli południowéj, która jest więcéj kontynentalną niż północna. Tam bowiem podczas długiéj zimy (dłuższéj od tamtejszego lata o 76 dni, co jest skutkiem znacznéj odśrodkowości drogi Marsa) znacznie większe gromadzą się ilości śniégu około bieguna, aniżeli w téjże saméj porze roku około bieguna północnego. Mimo to olbrzymi płat śniégu spadłego w zimie nader szybko pomniejsza się w lecie i to bez wątpienia właśnie tylko z powodu przeważnie kontynentalnego klimatu półkuli południowéj [1]).

---

[1]) Guillemin „Le Ciel" (Paris, 1877), str. 415—417.